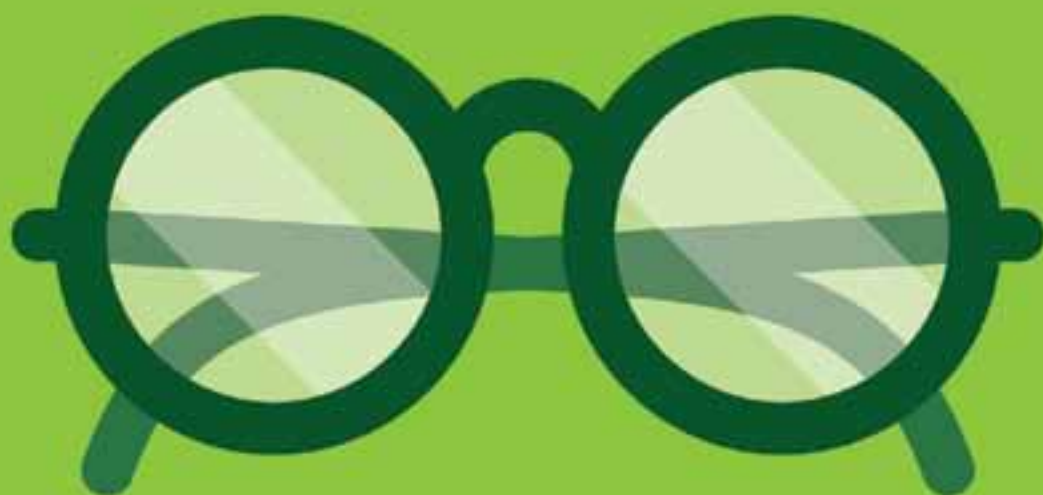




PRZEGLĄD
Komunalny
POLECA

EKOINNOWACJE W GOSPODARCE ODPADAMI

JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!



**EKOINNOWACJA TO COŚ WIĘCEJ, NIŻ INNOWACJA!
EKOINNOWATOR TO KTOŚ WIĘCEJ, NIŻ INNOWATOR!**

Nie wystarczy wdrożona w życie nowość, czy udoskonalenie.
Ważne jest też zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko.

WIESZ JAK TO ZROBIĆ?

Masz pomysł na ekoinnowacyjny produkt, funkcjonalność,
czy rozwiązanie technologiczne lub organizacyjne?

Jeśli tak, to weź udział w kampanii

**„JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!”,
KTÓRA POMOŻE CI GO WYPROMOWAĆ!**

Więcej informacji

www.ekoinnowator.ue.poznan.pl

Dofinansowano ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej



Od redaktora

N

ieodłącznym elementem działalności człowieka jest powstawanie odpadów. Ich ilość zwiększa się wraz ze wzrostem zapotrzebowania na zasoby – tych ostatnich, jak podaje WWF Living Planet Report 2012, zużywamy obecnie o połowę więcej niż Ziemia jest w stanie nam dostarczyć. Prognozuje się, że przy utrzymaniu obecnego tempa konsumpcji w 2030 r. dla zaspokojenia potrzeb musielibyśmy mieć do dyspozycji dodatkową planetę. Pojawia się więc pytanie, czy możemy coś zrobić, aby odwrócić ten trend?

Zgodnie z unijną dyrektywą w sprawie odpadów z listopada 2008 r., priorytetem jest zapobieganie powstawaniu odpadów, minimalizacja ich ilości oraz eliminacja powstawania odpadów „u źródła”. Mottem racjonalnej gospodarki zasobami naturalnymi staje się „redukowanie i ponowne używanie”. Coraz większy nacisk kładzie się na reutilizację, odzysk oraz recykling.

Niestety, jak podaje Europejska Agencja Środowiska, w 2010 r. w Europie ponownemu przetworzeniu poddano zaledwie 35% odpadów komunalnych. Pokazuje to, że wiele państw może mieć ogromne trudności ze zrealizowaniem zobowiązań unijnych, mających na celu osiągnięcie do 2020 r. wskaźnika recyklingu odpadów z gospodarstw domowych na poziomie 50%.

Komisja Europejska w zakresie recyklingu odpadów zamierza jednak pójść jeszcze dalej. W komunikacie opublikowanym w lipcu br. zapisano, iż do 2030 r. Europejczycy mają objąć recyklingiem aż 70% odpadów komunalnych oraz 80% odpadów opakowaniowych. Zaproponowano też, by od 2025 r. wprowadzić zakaz składowania odpadów nadających się do powtórnego wykorzystania. Nowa koncepcja zakłada także inny niż dotychczasowy model gospodarowania. Normę stanowić ma bowiem ponowne wykorzystanie, naprawianie i recykling oraz powstrzymanie produkcji odpadów. Janez Potočnik, unijny komisarz ds. środowiska, powiedział: *– Jeżeli chcemy utrzymać naszą konkurencyjność, musimy jak najefektywniej wykorzystywać dostępne nam zasoby, co oznacza, że musimy poddawać je recyklingowi i przywracać do produktywnego użytku, a nie wywozić na składowiska jako odpady.* Unia chce zatem wspierać nowatorskie projekty, ulepszone procesy produkcyjne, wybiegające w przyszłość modele biznesowe oraz innowacje techniczne pozwalające zamieniać odpady w zasoby.

Realizacja przyjętych przez Komisję Europejską założeń nie będzie realna bez nowatorskich i przyjaznych środowisku rozwiązań. Na szczęście takich w polskiej nauce i gospodarce nie brakuje. W niniejszym biuletynie prezentujemy różne przykłady ekoinnowacji w gospodarce odpadami, w tym innowacje w stacjach demontażu pojazdów, technologię recyklingu odpadów organicznych i osadów ściekowych oraz nowatorskie rozwiązania materiałowe stosowane przez firmy produkujące opakowania. To jednak nie wszystko, ale... po więcej proszę zajrzeć do wnętrza biuletynu. Miłej lektury!

Joanna Witczak

koordynator projektu „Jesteś kreatorem? Zostań ekoinnowatorem!”



„Jesteś kreatorem?

Zostań ekoinnowatorem!”

jest dodatkiem promocyjnym
do wrześniowego wydania (9/2014)
PRZEGŁĄDU KOMUNALNEGO
ISSN 1232-9126

Wydawca:



Wydawnictwa Komunalne:

Tomasz Szymkowiak
dyrektor – redaktor naczelny wydawnictw
60-124 Poznań, ul. Daleka 33
www.abrys.pl, biuro@abrys.pl
NIP 781-00-23-628

Dodatek przygotowany przez:

Tomasz Szymkowiak,
dyrektor – redaktor naczelny wydawnictw
Joanna Witczak, koordynator projektu
Łukasz Bandosz, redaktor
Barbara Kostrzewska, adiustacja językowa
Dagmara Bołtrukiewicz, korekta

Projekt i fotoskład: Studio Poligrafii

Okładka: Depositphotos/lightsource

Druk: Zakład Poligraficzny
Antoni Frąckowiak
Oddano do druku: 5.09.2014
Nakład: 3500 egz.

„Jesteś kreatorem?

Zostań ekoinnowatorem!”

**to ogólnopolska kampania informacyjno-
edukacyjna na temat ekoinnowacji**



Niniejszy materiał został opublikowany dzięki
dofinansowaniu Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej.
Za jego treść odpowiada wyłącznie Uniwersytet
Ekonomiczny w Poznaniu.

Nie mamy czego się wstydzić

Z prof. dr. hab. Włodzimierzem Urbaniakiem, kierownikiem Centrum Gospodarki Odpadami Waste-Park przy Poznańskim Parku Naukowo-Technologicznym Fundacji Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, m.in. na temat wyzwań w zakresie gospodarki odpadami rozmawia Włodzimierz Podsiadłowski.

■ Od 23 stycznia 2013 r. zaczęła obowiązywać nowa Ustawa o odpadach, z 14 grudnia 2012 r., która zastąpiła dotychczas obowiązującą ustawę o odpadach z 27 kwietnia 2001 r. Czy zmiany w przepisach spowodowały wzrost zainteresowania usługami oferowanymi na rynku odpadów w Polsce?

Rynek odpadów dynamicznie się rozwija. Na pewno jednym z czynników wpływających na taki stan rzeczy jest dość mocno zmieniające się w ostatnim czasie prawodawstwo, ale nie tylko... Zmienia się również świadomość społeczeństwa. Obserwujemy stały wzrost zainteresowania przedsiębiorstw usługami dotyczącymi problemów „odpadowych” – w zakresie zarówno badania określonych cech odpadów w laboratoriach, jak i pozyskiwania funduszy na niezbędne inwestycje czy pomocy przy ochronie patentowej. Firmy zagospodarowują odpady różnymi, nierzadko innowacyjnymi metodami. Małym przedsiębiorcom często jednak brakuje zaplecza technicznego. Skarżą się też na brak doradztwa w zakresie oceny oferowanego na rynku sprzętu czy technologii.

■ Czy stąd narodził się pomysł stworzenia Waste-Parku, działającego przy Poznańskim Parku Naukowo-Technologicznym Fundacji UAM?

Brakowało miejsca, w którym można by nawiązywać i utrzymywać kontakty pomiędzy organizacjami i przedsiębiorstwami działającymi w obszarze ochrony środowiska, techniki środowiska czy systemów zarządzania. W odpowiedzi na te potrzeby w 2009 r. powstało Centrum Gospodarki Odpadami Waste-Park. W ramach naszych usług, dedykowanych szczególnie małym i średnim przedsiębiorstwom, znajdują się m.in. szeroki zakres ekspertyz, doradztwa i pomocy prawnej w zakresie ochrony środowiska, a także transfer wiedzy i nowych technologii, związanych w szczególności z gospodarką odpadami, oraz pomoc przy pozyskiwaniu środków dla zainteresowanych podmiotów gospodarczych.

■ Czy prowadzą Państwo prace nad rozwojem nowych technologii związanych z gospodarką odpadami?

Uważamy, że działania tego typu to główne nasze zadanie. Dysponujemy szerokim za-

pleczem naukowym, dzięki któremu jesteśmy w stanie odpowiadać na potrzeby przedsiębiorców w zakresie badań oraz poszukiwania środków na wdrożenie nowych technologii.

Można powiedzieć, że są dwa kierunki podejmowanej przez nas działalności. Z jednej strony zgłaszają się do nas przedsiębiorcy z konkretnym pomysłem czy problemem. Oferujemy im analizę, diagnozujemy problem, a następnie proponujemy konkretne rozwiązanie w postaci opracowanej technologii.

Właśnie w tym celu w 2012 r. powstało nasze laboratorium (Waste-Lab), które jest dedykowane badaniu możliwości wykorzystania

Do tej pory wdrożyliśmy i opatentowaliśmy metodykę unieszkodliwiania i analizy azbestu – opracowaliśmy metodę pozyskiwania materiału przypominającego właściwościami azbest, ale go niezawierającego, a więc bezpiecznego pod względem zdrowotnym. Szukamy dla naszego produktu kolejnych zastosowań, kilka już mamy i planujemy je wdrażać.



Archiwum Abrys

odpadów. Wykonujemy również szereg standardowych analiz konkretnych parametrów, składu i właściwości danego materiału. Pomagamy przedsiębiorstwom w fazie identyfikacji materiału, którym dysponuje, dzięki czemu może ono dobrać odpowiednią metodę przetworzenia, a w przypadku nowych wyrobów może potwierdzić, czy spełniają one odpowiednie parametry. W tym zakresie analizujemy i podpowiadamy, jakie działania należałoby podjąć. W naszym laboratorium wykonujemy też pomiary i oznaczenia dla różnorodnych próbek środowiskowych, w tym szczególnie dla odpadów problematycznych. Możemy zaproponować przedsiębiorcom analizę już w momencie projektowania wyrobów, patrząc na nie przez pryzmat zagospodarowania odpadów, jakie z nich ostatecznie powstaną. Chcemy uświadamiać, że już na tak wczesnym etapie warto i trzeba myśleć o tym, co się stanie po zużyciu danego produktu. Najbardziej zależy nam na sektorze MŚP, ale przygotowujemy analizy nawet dla osób fizycznych. Naszą cechą jest specjalizacja. Wykonujemy też szereg niestandardowych, trudnych i wymagających drogiego sprzętu oraz wykwalifikowanej kadry analiz.

■ Jaką rolę odgrywa kierowane przez Pana Centrum Gospodarki Odpadami Waste-Park w zakresie promocji oraz wspierania eko-innowacyjności?

Obecnie jesteśmy na etapie wdrażania kilku innowacyjnych rozwiązań z zakresu zagospodarowania odpadów. Staramy się jeszcze o ich ochronę patentową, więc nie chciałbym zdradzać szczegółów. Są to naprawdę innowacyjne rozwiązania.

Mamy również swoje technologie, których jesteśmy pomysłodawcami lub które wyśzukujemy i realizujemy. Zobowiązaliśmy się do wprowadzenia na rynek pięciu innowacyjnych technologii. Założony wskaźnik z pewnością przekroczymy, gdyż zapotrzebowanie ze strony rynku jest bardzo duże. Technologią środowiskową, którą już wdrożyliśmy i opatento-

waliśmy, jest metodyka unieszkodliwiania i analizy azbestu. Dokonanie jego przekształcenia azbestu należy bowiem udokumentować analitycznie – i my to potrafimy. Opracowaliśmy metodę pozyskiwania materiału przypominającego właściwościami azbest, ale go niezawierającego, a więc bezpiecznego pod względem zdrowotnym. Szukamy dla naszego produktu kolejnych zastosowań, kilka już mamy i planujemy je wdrażać.

Współpracujemy również z wieloma podmiotami. Wspólnie z Uniwersytetem Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy oraz Wydziałem Towaroznawstwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu opracowaliśmy metodę zagospodarowania pozostałości po śmigłach elektrowni wiatrowych, które wykonane są z kompozytu epoksydowo-szklanego. Dzięki naszej technologii z odpadów tych uzyskujemy napelnicze do innych tworzyw (poliolefin). Zamierzamy wdrożyć tę technologię w przyszłym roku. Dzięki niej z odpadów będziemy wykonywać nowe kompozyty, o bardzo ciekawych i pożądanym przez producentów właściwościach.

Ekoinnowacyjność wspieramy również poprzez działalność klastra (Waste-Klaster), działającego w ramach Waste-Parku od 2012 r. Mimo dość krótkiej obecności na rynku obserwujemy duże zainteresowanie naszą ofertą oraz wzrost popytu na oferowane usługi. Staramy się skupiać w klastrze firmy i kojarzyć ze sobą przedsiębiorców, którzy mogą w swoich dziedzinach współpracować. Podejmujemy się opieki nad działaniami zmierzającymi do opatentowania wykorzystywanych nowych pomysłów i rozwiązań. W niektórych przypadkach z Fundacji pozyskujemy fundusze na ochronę patentową. Tak więc sami podejmujemy pewne działania,

Ekoinnowacyjność
wspieramy
m.in. poprzez
działalność
klastra (Waste-Klaster),
działającego w ramach
Waste-Parku od
2012 r. Mimo dość
krótkiej obecności
na rynku obserwujemy
duże zainteresowanie
naszą ofertą oraz
wzrost popytu
na oferowane usługi.

ale naszym celem jest również angażowanie w naszą działalność członków klastra, przedsiębiorców. Pozwala to bowiem na wymianę doświadczeń i pomysłów oraz prowadzi do znajdowania innowacyjnych rozwiązań. Staramy się również kojarzyć przedsiębiorców,

gdyż często zdarza się, że mamy firmę, która szuka dla siebie pewnych rozwiązań, oraz taką, która opracowała już takie metody, ale nie wie, jak je upowszechnić i skomercjalizować. Potencjał oraz pomysły są, często brakuje im tylko wspólnego punktu, gdzie mogłyby się spotkać, miejsca zaufanego dla przedsiębiorców, w którym mogłoby dojść do zetknięcia i wymiany pomysłów i doświadczeń. W ramach naszego klastra dajemy taką możliwość.

Umożliwiamy też przedsiębiorstwom dostęp do specjalistycznej aparatury badawczej, nowych technologii, zaplecza naukowego i szkoleniowego oraz funduszy unijnych. Naszym celem jest przyspieszenie transferu wiedzy z nauki do przemysłu oraz konsolidacja sektora „odpadowego”. Poprzez działalność klastra chcemy doprowadzić do wzrostu innowacyjności polskich przedsiębiorstw, a przez to do poprawy ich konkurencyjności na świecie.

Dzięki połączeniu swoich sił w klastrze firmy mogą osiągnąć znacznie więcej niż gdyby działały osobno. Nie jesteśmy przedsiębiorcą, ale instytucją otoczenia biznesu, fundacją, która ma działać na korzyść przedsiębiorców i ich wspierać. Naszym zadaniem nie jest wejście w biznes danego przedsiębiorcy, ale wspieranie go. Działamy w takiej branży, że często kojarzymy przedsiębiorstwa pozornie ze sobą niezwiązane. Nierzadko jest tak, że przedsiębiorstwo szuka danego produktu, którego nie może znaleźć, a my pokazujemy, że można go „wyciągnąć” z branży odpadowej.

■ Czy oferta polskich firm w zakresie technologii recyklingu odpadów może być interesująca dla firm zagranicznych? Czy polscy przedsiębiorcy mają szansę zyskać przewagę konkurencyjną nad firmami pochodzącymi z krajów, które są obecnie liderami we wdrażaniu rozwiązań związanych z ochroną środowiska (np. z Niemiec lub Chin)? Czy polskie firmy można określić mianem ekoinnowacyjnych w aspekcie gospodarowania odpadami?

Uważam, że mamy wiele ekoinnowacyjnych firm. Zaczynaliśmy od bardzo niskiego poziomu, ale obecnie nie mamy już czego się wstydzić. Wiele rzeczy pozostało jeszcze nierozwiązanych, należy jednak podkreślić, że mamy bardzo duży potencjał tkwiący w rynku. Przy czym to nie jest tak, że celem firm działających na rynku odpadów jest tylko ekologia. Przedsiębiorcy w ogromnej masie marnujących się odpadów widzą surowce, które mogliby z nich czerpać. Widzą w nich potencjał i korzyść ekonomiczną. Szukają zatem najlepszych rozwiązań umożliwiających realizację swoich celów.

Jeżeli chodzi o konkurencyjność, to – patrząc na to, co obecnie dzieje się w sektorze odpadowym – jestem bardzo dużym optymistą. Potencjał pomysłowości naszych przedsiębiorców i naukowców jest ogromny. Uważam, że należy pozwolić ludziom działać, dać trochę wsparcia, a będziemy potęgą. Wystarczy, że prawidłowo rozpoznamy problemy związane z odpadami, a znalezienie najlepszego sposobu na nasze śmieci będzie formalnością...

Centrum Gospodarki Odpadami Waste-Park powstało w maju 2009 r. jako dział Poznańskiego Parku Naukowo-Technologicznego Fundacji UAM. Centrum łączy potencjał naukowy Fundacji Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu oraz Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z doświadczeniem praktycznym różnych gałęzi przemysłu, w tym szczególnie z przedsiębiorstwami sektora gospodarki odpadami. Centrum współpracuje również z instytucjami administracji publicznej.

Głównym celem Waste-Parku jest nawiązanie i utrzymywanie kontaktów z organizacjami i przedsiębiorstwami działającymi w obszarze ochrony środowiska, techniki środowiska i systemów zarządzania. Centrum Gospodarki Odpadami łączy najnowsze wyniki badań i rozwoju z wymogami ochrony środowiska i tworzy wspólną platformę dla zainteresowanego kręgu osób związanych z gospodarką oraz sferą badawczą i naukową.

Z pomocą dżdżownic

Wermikompostowanie, czyli kompostowanie z wykorzystaniem dżdżownic, to alternatywna metoda zagospodarowania odpadów biodegradowalnych oraz osadów ściekowych.

■ Przewiduje się, że dzięki prowadzonym badaniom i współpracy m.in. z Politechniką Krakowską i Politechniką Śląską uda się wypracować model wspierający komponowanie wsadu do procesu wermikompostowania, umożliwiającego otrzymanie kompostu o określonych parametrach, a także, w razie konieczności zastosowania zeolitów, redukujących zawartość metali. W myśl znowej Ustawy z 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw, gminy są zobligowane do organizacji zbiórki i unieszkodliwiania odpadów komunalnych w taki sposób, by ograniczyć masę odpadów komunalnych ulegających biodegradacji przekazywanych do składowania do poziomu 35% ich całkowitej masy (do 16 lipca 2020 r.).

Zgodnie z Krajowym Planem Gospodarki Odpadami 2014, głównymi technologiami odzysku i unieszkodliwiania odpadów (poza składowaniem) są metody biologiczne, tj. kompostowanie, fermentacja i mechaniczno-biologiczne przetwarzanie. Dokument ten nie wskazuje optymalnych procesów dla poszczególnych grup odpadów, ale zalecaną drogą pozyskiwania surowców do kompostowania jest ich selektywne zbieranie.

W mniejszych regionach, w ramach do stosowania instalacji do zmieniającego się prawodawstwa, za główną metodę zagospodarowania zmieszanych odpadów komunalnych uznano mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów. Warunkiem przyjęcia odpadów do instalacji MBP jest zawartość w nich substancji organicznych ulegających biodegradacji, tak więc surowcem może być bardzo wiele grup odpadów. Wytyczne dotyczące wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów wskazują na odpady o kodach 15 01, 20 01, 20 02 oraz 20 03, natomiast procesowi kompostowania poddawać można również odpady ulegające biodegradacji z innych grup

niż komunalne, tj. 02 01, 02 02, 02 03, 02 04, 02 05, 02 06, 02 07, 03 01, 03 03, 04 01, 04 02, 15 01, 16 03, 17 02, 19 06, 19 08, 19 09 i 19 12.

Proces biologicznego przetwarzania odpadów prowadzi się w taki sposób, aby uzyskany stabilizat spełniał określone wymagania w celu jego deponowania na składowiskach. Oznacza to, że straty prażenia stabilizatu muszą być mniejsze niż 35% suchej masy, a zawartość węgla organicznego mniejsza niż 20% suchej masy lub ubytek masy organicznej w stabilizacie w stosunku do masy organicznej w odpadach, mierzony stratą prażenia lub zawartością węgla organicznego, nie może być mniejszy niż 40% lub wartość wskaźnika respiracji (AT4) musi być mniejsza niż 10 mg O₂/g suchej masy.

Biologia procesu

Tradycyjny proces kompostowania może być stosowany do odpadów zielonych z terenów zieleni miejskiej, roślinnych odpadów z targowisk, odpadów komunalnych organicznych oraz osadów ściekowych z dodatkiem tzw. materiałów strukturalnych uzupełniających. Kompost zawiera próchniczotwórcze substancje organiczne, typowe substancje humusowe oraz składniki pokarmowe roślin. Jego jakość zależy od właściwości surowców oraz reżimu technologicznego prowadzonego procesu. Kompost z osadów ściekowych może zawierać znaczne ilości metali ciężkich. Poprawę własności nawozowych kompostów można uzyskać przez wykorzystanie w procesie kompostowania wybranych gatunków dżdżownic, co mimo stwierdzonych trudności ma zalety w odniesieniu do poprawy jakości materiału rekultywacyjnego. Zastosowywanie tych organizmów w procesie technologicznym prowadzi do eliminacji metali ciężkich z kompostu. Opisanie w literaturze wyniki badań świadczą o dobrych właściwościach nawozowych badanych kom-

postów uzyskiwanych zarówno z odpadów organicznych pochodzenia komunalnego, jak i z osadów ściekowych. W wynikach badań zauważyć można dosyć istotne różnice w zawartości pierwiastków biogennych i ich form w poszczególnych kompostach i wermikompostach. Oczywiście, wpływ na to mają zastosowane parametry technologiczne i sposób prowadzenia procesu kompostowania.

Unieszkodliwianie odpadów biodegradowalnych

Metodami stosowanymi do unieszkodliwiania odpadów biodegradowalnych są kompostowanie, fermentacja metanowa oraz łącząca je i uzupełniająca technologia, oparta na mechaniczno-biologicznym przetwarzaniu odpadów. Najpopularniejsza z nich to kompostowanie, które jest procesem kontrolowanym, polegającym na rozkładzie materii organicznej w odpowiedniej temperaturze i przy określonej wilgotności oraz dostępie powietrza. Kompost stale dodawany do gleby zwiększa w niej zawartość próchnicy, zdecydowanie poprawiając jej jakość. W odróżnieniu od kompostowania fermentacja metanowa obejmuje procesy rozkładu substancji organicznych, przeprowadzone w warunkach beztlenowych przez mikroorganizmy anaerobowe z wydzielaniem metanu. Procesy mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów realizuje się w warunkach tlenowych i beztlenowych. Oprócz biologicznego przetwarzania odpadów, w skład procesu wchodzi również: rozdrabnianie, przesiewanie, sortowanie, klasyfikacja i separacja, ustawione w różnorodnych konfiguracjach w celu mechanicznego rozdzielania strumienia odpadów na frakcje dające się w całości lub w części wykorzystać materiałowo lub/i energetycznie oraz na frakcję ulegającą biodegradacji, odpowiednią dla biologicznego przetwarzania w warunkach tlenowych lub beztlenowych.

Wermikompostowanie

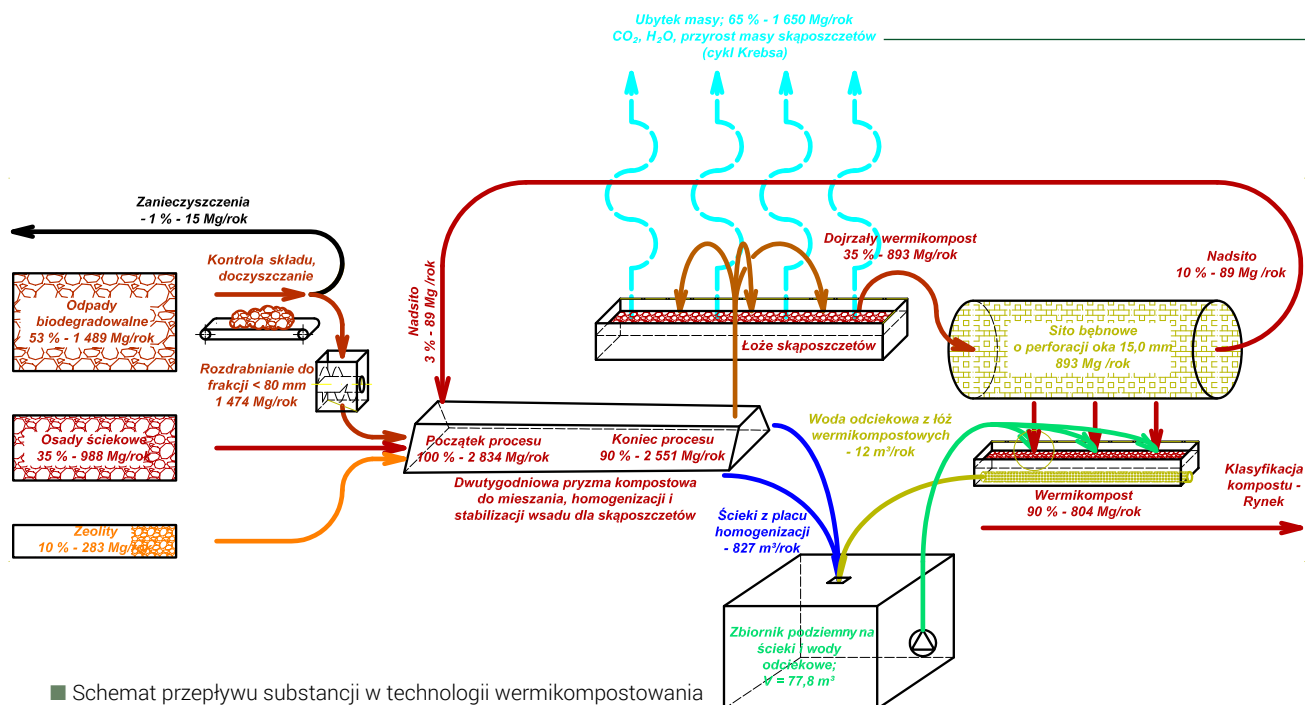
Tradycyjny proces wermikompostowania jest technologią znaną, opisaną w literaturze, choć dotychczas stosowaną jedynie w skali laboratoryjnej oraz pilotażowej. Wynika to prawdopodobnie z konieczności stworzenia odpowiednich warunków pracy dla dżdżownic, ich ciągłej kontroli oraz stabilizacji procesu, co wydaje się być niezwykle trudne, szczególnie w tak dynamicznie zmieniającym się środowisku, jakim są odpady biodegradowalne i osady ściekowe. W związku z tym opisywana technologia, wdrażana w skali przemysłowej przez F.P.H.U. KOMPOSAD z miejscowości Ocieka, jest innowacyjną metodą procesu recyklingu organicznego odpadów biodegradowalnych, w tym osadów ściekowych, przy użyciu wermikultur.

Według danych literaturowych, użycie wermikultur gwarantuje możliwość przetworzenia bioodpadów wraz z osadami ściekowymi w sposób umożliwiający uzyskanie dojrzałego kompostu, o znanym i akceptowanym

■ Wykorzystanie w procesie kompostowania wybranych gatunków dżdżownic poprawia własności nawozowe kompostów.



Depositphotos/Paknyushchy



■ Schemat przepływu substancji w technologii wermikompostowania

składzie, właściwościach fizykochemicznych oraz stanie sanitarno-higienicznym. Optymalizacja procesu będzie polegać na sporządzeniu mieszanki o odpowiednich proporcjach osadów ściekowych oraz odpadów biodegradowalnych, czyli wsadu do wermikompostowania. W jej skład włączane będą przede wszystkim osady ściekowe (stanowiące 60-70% mieszanki) oraz odpady komunalne ulegające biodegradacji i odpady z innych grup niż komunalne. W celu podjęcia badań nad możliwością uzupełnienia procesu wermikompostowania poprzez zastosowanie zeolitów, które mogą pełnić funkcję katalizatorów metali ciężkich, podjęto współpracę z Katedrą Technologii Środowiskowych Politechniki Krakowskiej.

W związku z podjęciem działań prowadzących do realizacji przedsięwzięcia w skali przemysłowej rozpoczęto również prace nad wypracowaniem modelu matematycznego wspierającego komponowanie wsadu (składu mieszanek) do procesu wermikompostowania, umożliwiającego otrzymanie kompostu o określonych parametrach. W tym celu nawiązano współpracę z Politechniką Śląską, gdzie rozpoczęto działania prowadzące do opracowania aplikacji dedykowanej, klasy HPC (ang. High Performance Computing), będącej zaawansowanym narzędziem informatycznym, pozwalającym m.in. na optymalne sterowanie i monitorowanie przebiegu procesów kompostowania i wermikompostowania. Dzięki niemu możliwe będzie osiągnięcie maksymalnie nasyczonego materiału końcowego, spełniającego wszystkie normy i dyrektywy, nadającego się do rozprowadzania na powierzchni ziemi, wykorzystując przy tym zróżnicowany pod względem własności fizykochemicznych materiał wsadowy.

Dwa etapy

Proces technologiczny, planowany do wdrożenia, został opracowany przez mgr. Jacka Jemiolo, posiadającego ponad 10-let-

nie doświadczenie w hodowli wermikultur *Dendrobaena veneta* i *Eisenia foetida*, oraz mgr. inż. Bogusława Wójcika, pełniącego funkcję partnera merytorycznego, posiadającego doświadczenie w zakresie opracowywania dokumentacji, projektów technicznych i technologicznych oraz eksploatacji instalacji do gospodarowania odpadami.

Według założeń technologów, w celu osiągnięcia wymiernych korzyści pracy instalacji konieczne jest wprowadzenie odpowiedniego reżimu technologicznego, gwarantującego ciągłą, efektywną pracę wermikultury. Planowany proces technologiczny prowadzony będzie w dwóch zasadniczych etapach. Pierwszy będzie polegał na homogenizacji i higienizacji substratów w tradycyjnej pryzmie kompostowej na placu homogenizacji, w czasie dwóch tygodni, przy sześciokrotnym przerzuceniu odpadów. Z kolei w drugim etapie zakłada się wermikompostowanie w łóżach wermikompostowych zhomogenizowanych i zhygienizowanych substratów, przez jedenaście miesięcy, przy comiesięcznym uzupełnianiu każdego z łóż. Zakres temperatury i wilgotności jest różny na poszczególnych etapach procesu. W trakcie wermikompostowania temperatura łóża jest uzależniona od temperatury otoczenia, przy czym zadaniem zarządzającego jest utrzymanie jej w zakresie 0-35°C, bowiem maksymalna aktywność wermikultur przypada na temperatury 12-28°C. Mając to na uwadze, w okresie zimowym konieczne jest okrywanie łóż wermikompostowych matami ze słomy, natomiast w okresie letnim tunele z łóżami powinny być przewietrzane. Wilgotność łóża wermikompostowania utrzymuje się na stałym poziomie w zakresie 65-70% poprzez zraszanie go wodami odciekowymi gromadzonymi w zbiorniku podziemnym pod placem konfekcjonowania odpadów, a w przypadku ich braku – ze zbiornika na czyste wody opadowe pod magazynem kompostu. Schemat przepływu substancji w opisywanych procesach przedstawia rysunek. Z procesu technologicznego

nie prognozuje się emisji gazów ani energii innych niż od maszyn wykorzystywanych do przerzucania odpadów na pryzmie oraz ich transportu wewnętrznego. Wykazane ubytki procesowe będą różne na poszczególnych etapach. W pierwszym głównym z nich jest woda (w postaci pary wodnej) oraz CO_2 od wstępnych procesów kompostowania (ok. 10%). W drugim etapie ubytki wynikają z czynności życiowych skąposzczetów (cykl Krebsa).

Substraty na potrzeby prowadzonego procesu będą dostarczane od ich wytwórców. Planuje się pozyskiwanie osadów ściekowych od zarządzających oczyszczalniami ścieków, suchych odpadów biodegradowalnych, od okolicznych rolników oraz z zakładów przetwórstwa rolnego, odpadów pochodzących z pielęgnacji terenów zieleni od podmiotów świadczących te usługi itp.

Innowacyjność metody

Wdrażany w skali przemysłowej proces wermikompostowania osadów ściekowych i odpadów biodegradowalnych przewiduje możliwość przetworzenia odpadów, co do których dotychczasowy sposób zagospodarowania sprowadzał się do procesu deponowania na składowisku, powodując wyłącznie redukcję masy składowanych odpadów ciężkich.

Wypracowana technologia może okazać się wsparciem dla realizacji zadań jednostek samorządu terytorialnego w zakresie osiągnięcia wymaganych poziomów redukcji odpadów biodegradowalnych. Realizacja projektu przewiduje rozwiązanie problemu wymaganych poziomów odzysku i recyklingu organicznego w danym regionie, a także podjęcie tematu racjonalnego unieszkodliwiania osadów ściekowych w Polsce. ■

Weronika Wójcik
 dr hab. inż. Agnieszka Generowicz

Institut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska, Politechnika Krakowska



Depositphotos/milart

Stacje i innowacje

Samochody są źródłem wielu odpadów mogących skażać glebę i wody podziemne, takich jak metale kolorowe, tworzywa sztuczne, płyny eksploatacyjne czy oleje silnikowe. Z tego względu ważne jest właściwe postępowanie z nimi po zakończeniu ich użytkowania.

■ Stacje demontażu pojazdów to stunkowo proste pod względem technologicznym instalacje służące do zagospodarowania odpadów o kodach 16 01 04* (zużyte lub nienadające się do użytkowania pojazdy) bądź 16 01 06 (zużyte lub nienadające się do użytkowania pojazdy niezawierające cieczy i innych niebezpiecznych elementów)¹. Są one niezmiernie ważne z punktu widzenia środowiskowego, gdyż pozwalają zagospodarować szereg niebezpiecznych odpadów, których z roku na rok przybywa.

Proces demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji w myśl przepisów prawa stanowi przetwarzanie, tj. odpady pochodzące z pojazdów są poddawane procesom odzysku, określonym w załączniku 1 do ustawy o odpadach². Przetwarzanie to procesy odzysku lub unieszkodliwiania. Poprzez odzysk należy rozumieć każdy proces, w wyniku którego odpady bądź są użytecznie zastosowane poprzez zastąpienie innych materiałów, które w przeciwnym przypadku zostałyby użyte do spełnienia danej funkcji, bądź są przygotowane do spełnienia takiej funkcji w danym zakładzie lub ogólnie w gospodarce.

Stoi na stacji...

Do podstawowego wyposażenia stacji demontażu należy zaliczyć: wagę sa-

mochodową, separator substancji ropopochodnych, magazyny bądź wiaty dla wytworzonych odpadów niebezpiecznych i części przeznaczonych do ponownego użycia oraz zespół wysysarek i zlewarek dla płynów eksploatacyjnych, takich jak płyny hamulcowe, płyny przeciw zamarzaniu, oleje silnikowe, przekładniowe, hydrauliczne i smarowe, a także benzyna i olej napędowy. W skład wyposażenia podstawowego wchodzi także zespół kontenerów i pojemników służących do selektywnego gromadzenia odpadów wytwarzanych podczas demontażu pojazdów oraz zestawy narzędziowe i zespoły podnośnikowe.

W wyniku funkcjonowania instalacji powstaje pokaźna grupa odpadów, z czego większość to tzw. odpady niebezpieczne. Najczęściej stacje demontażu przekazują szereg wytworzonych przez siebie odpadów do dalszego procesu recyklingu poza stacją, dlatego nie zwracają uwagi na możliwości ich zagospodarowania. Linia demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji powinna spełniać funkcję ekologiczną oraz funkcję odzysku materiałów i surowców.

Funkcja ekologiczna to wydzielenie z demontowanego pojazdu substancji niebezpiecznych, głównie płynów, a także elementów zanieczyszczonych. Natomiast funkcja odzysku materiałów polega na demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji w celu pozyskania składników,

które mają charakter surowców wtórnych. W procesie demontażu wydzielone zostają również składniki odpadowe.

Jedynym naturalnym sposobem recyklingu, dokonywanym w ramach instalacji, jest magazynowanie i odsprzedaż części przeznaczonych do ponownego użycia zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki i Pracy³. Demontaż pojazdów prowadzi się w sposób polegający m.in. na wymontowaniu przedmiotów wyposażenia i części przeznaczonych do ponownego użycia. Kwalifikacja ta jest uszczegółowiona aktem prawnym w postaci rozporządzenia Ministra Infrastruktury⁴.

Recykling wiązek samochodowych

Dla zwiększenia efektywności ekologicznej stacji demontażu pojazdów można uruchomić na jej terenie linię (bądź pojedynczą maszynę) do recyklingu kabli i wiązek samochodowych. Mówiąc w uproszczeniu, proces ten polega na rozdrobnieniu ich w maszynach oraz rozdzieleniu na frakcje metali i granulaty tworzyw sztucznych. Jest to więc typowy przykład recyklingu materiałowego. W wyniku tego procesu odzyskowi poddawane są odpady: 16 01 22 (inne niewymienione elementy) oraz 16 02 16 (elementy usunięte z zużytych urządzeń).

Odpady kabli i przewodów elektrycznych, zebrane w specjalnych pojemnikach, poddawane są recyklingowi. Operator maszyny dokonuje wstępnej selekcji odpadów, uwzględniając rodzaj zarówno izolacji przewodów, jak i metalu, z jakiego zostały wykonane. Metale są magazynowane w pojemnikach z zachowaniem podziału na frakcje handlowe. Pojemniki po ich wypełnieniu trafiają do miejsc magazynowych, zaś izolacja jest włączana do dalszego etapu obróbki

– wraz z przewodami o mniejszych przekrojach poddawana jest mieleniu. Urządzenia dodatkowo oddzielają granulaty tworzywa sztucznych od metali. Granulat tworzyw sztucznych również jest trzymany w odpowiednim pojemniku i po jego napełnieniu transportowany do miejsca magazynowania i przekazany do dalszego wykorzystania.

Usuwanie izolacji z kabli

Z kabli i przewodów o średnicach od 6 do 120 mm za pomocą specjalnego urządzenia usuwana jest izolacja. Jej usunięcie izolacji odbywa się przez przeciągnięcie przewodu przez system wałków prowadzących oraz obrotowych ostrzy. Innym urządzeniem tego typu jest to działające na zasadzie separacji materiałów cechujących się różnym ciężarem właściwym, składające się m.in. z noży wirujących i noży stacjonarnych, suchego separatora, systemu odpylania oraz systemu zasysania pyłu, umieszczonego nad komorą roboczą.

Po umieszczeniu kabli i przewodów w komorze zasypowej urządzenia są one podawane do komory roboczej, w której dochodzi do ich rozdrobnienia przez system noży. Tak rozdrobniony materiał jest podawany na stół separujący, gdzie granulaty tworzyw sztucznych przy udziale strumienia powietrza (na zasadzie różnicy ciężaru właściwego) jest oddzielany od metali. Odseparowany materiał jest rozdzielany do dwóch pojemników. W zależności od parametrów materiału wsadowego możliwa jest regulacja stopnia separacji oraz ponowne włączenie do obiegu materiału „poseparacyjnego” celem uzyskania jego większej jednorodności. Na żadnym z etapów procesu odzysku nie następuje termiczne przekształcanie odpadów, emisja zanieczyszczeń do powietrza ani emisja ścieków. W trakcie prowadzonych operacji powstaje produkt w postaci granulatu tworzyw sztucznych oraz odpady w postaci metali nieżelaznych. Odpady metali są przekazywane podmiotom posiadającym stosowne zezwolenie na ich dalsze zagospodarowanie, natomiast granulaty trafiają do przedsiębiorcy zajmującego się jego wykorzystaniem w procesie produkcyjnym. Następnie może być on łączony (poprzez mieszanie i cięcie) z płatkami z tworzyw sztucznych – np. dzięki metodzie igłowania, polegającej na mechanicznym łączeniu luźnego układu włókien polimerycznych, można uzyskać geowłókninę, charakteryzującą się sprężystością i porowatą strukturą, łatwością przyjmowania kształtów podłoża oraz wytrzymałością na rozciąganie, rozdieranie i przebiecie. Innym prostym zastosowaniem powstającego granulatu jest użycie go jako dodatku do granulatu z opon z zastosowaniem do produkcji bezpiecznych nawierzchni, np. na plac zabaw. Jak widać, następuje pełny recykling materiałowy odpadu, który najczęściej jest pomijany przez stacje demontażu, ponieważ w pojeździe osobowym jego ilość szacuje się średnio na

25-42 kg. Przy braku odzysku tego odpadu często trafia on wraz z karoserią do instalacji strzebiarek, gdzie później jako produkt uboczny przekazywany jest do dalszego zagospodarowania.

Instalacja do recyklingu kabli i przewodów spełnia wymagania BAT (ang. Best Available Technology – najlepsza dostępna technologia) w zakresie ochrony środowiska. Poprzez zastosowanie tzw. suchej separacji całkowicie wyeliminowano powstawanie ścieków. System zamkniętego obiegu powietrza oraz samoczyszczące filtry eliminują emisję zanieczyszczeń do atmosfery. Eksploatacja urządzenia nie powoduje powstawania odpadów, a w procesie recyklingu powstaje produkt w postaci granulatu tworzyw sztucznych oraz odpady inne niż niebezpieczne w postaci metali nieżelaznych.

Dodatkowo uruchomienie instalacji do recyklingu kabli i przewodów zmniejsza ilość odpadów kierowanych do unieszkodliwiania, zwiększając jednocześnie odsetek odpadów poddanych odzyskowi. Ponadto zbieranie odpadów kabli i przewodów, poprzez np. prowadzenie ich skupu, mogłoby spowodować zmniejszenie opłacalności procederu ich nielegalnego odzysku przez tzw. opalanie. Wprowadzanie tego typu instalacji przyczynia się więc do zmniejszenia emisji szkodliwych substancji z procesów nielegalnego odzysku.

Odzysk LPG

W stacjach demontażu można też odzyskiwać paliwo LPG ze zbiorników samochodowych. Instalacja ta dotyczy odpadu o kodzie 16 01 16 (zbiorniki na gaz skroplony).

Pod koniec 2013 r. ogólna liczba samochodów osobowych zasilanych gazem skroplonym LPG w Polsce wyniosła 2,757 mln sztuk, co oznacza wzrost o 142 tys. sztuk w stosunku do roku poprzedniego. Pod względem rodzajów stosowanego paliwa udział samochodów osobowych z silnikami dostosowanymi do LPG wyniósł 14,7% w łącznej liczbie samochodów osobowych, podczas gdy udział samochodów z silnikami benzynowymi wyniósł 57,7%, a z silnikami wysokoprężnymi 25,8% (dane z raportu rocznego Polskiej Organizacji Gazu Płynnego, Warszawa 2014).

Rosnąca liczba pojazdów zasilanych LPG powoduje również wzrost ich przyjmowania przez stacje demontażu. Brak sposobów zagospodarowania LPG oraz chęć odzyskania odpadu metalu w postaci butli na LPG sprawia, że najczęściej stacje wykazują, iż pojazd został przyjęty bez paliwa LPG bądź gaz ten zostaje emitowany bezpośrednio do atmosfery. Przeciwdziałając tym złym praktykom, można zastosować urządzenie do bezpiecznego odzysku gazu LPG.

Urządzenia tego typu służą do usuwania płynnego gazu LPG i metanu z demontowanych samochodów. Płynny gaz jest najczęściej przepompowywany do zbiornika

urządzenia bądź bezpośrednio do butli na gaz. Następnie resztki gazowe są wypychane za pomocą azotu i palone na pochodni. Odzyskany w ten sposób gaz może zostać spożytkowany na cele ogrzewania bądź zasilania np. wózków widłowych i transportowych, działających w ramach instalacji stacji. Większość tego typu urządzeń zawiera wagę, która zapobiega przepełnieniu butli.

Zgodnie z rozporządzeniem¹, żaden element instalacji gazowej wymontowanej z samochodu nie może zostać wykorzystany powtórnie. Natomiast po przejściu odpadu 16 01 16 przez proponowany proces odzysku gazu LPG powstają odpady o kodach 16 01 17 z osuszonej butli (poprzez jej rozcięcie lub nawiercenie odpowiednich otworów po osuszeniu) oraz 16 01 18 z jej zaworu, które bezproblemowo można dalej zagospodarować.

Bezpieczeństwo i ochrona środowiska

Wyposażenie techniczne stacji demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji powinno zapewniać bezpieczeństwo użytkownikowi oraz skutecznie chronić środowisko przed skażeniem powierzchni ziemi i wód niebezpiecznymi materiałami znajdującymi się w demontowanych pojazdach. Dzięki innowacyjnym rozwiązaniom istnieje możliwość zwiększania osiąganych przez stację demontażu poziomów odzysku i recyklingu. Każdy rodzaj instalacji do odzysku w ramach stacji demontażu pojazdów powoduje dokładniejsze zagospodarowanie odpadów i zmniejszenie ilości odpadów trafiających do unieszkodliwiania w procesach tzw. płytkich demontaży.

Liczba złomowanych samochodów wzrasta. Ze względów środowiskowych ich demontaż winien być przeprowadzany w wyspecjalizowanych stacjach demontażu, które będą posiadały jak najbardziej rozbudowane instalacje do odzysku odpadów, by bez ich przemieszczania można było dokonać ich recyklingu. W trosce o środowisko należy dążyć do jak największej rozbudowy instalacji stacji demontażu poprzez wewnętrzne małe instalacje do odzysku poszczególnych rodzajów odpadów. ■

Źródła

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (DzU nr 112, poz. 1206).
2. Ustawa z 14 grudnia 2012 r. o odpadach (DzU z 2013 r. poz. 21).
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 28 lipca 2005 r. w sprawie minimalnych wymagań dla stacji demontażu oraz sposobu demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji (DzU z 2007 r. nr 143, poz. 1206, z późn. zm.).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 28 września 2005 r. w sprawie wykazu przedmiotów wyposażenia i części wymontowanych z pojazdów, których ponowne użycie zagraża bezpieczeństwu ruchu drogowego lub negatywnie wpływa na środowisko (DzU nr 201, poz. 1666).

Marcin Mała
MD Consulting

LCA w gospodarce odpadami

Ocena cyklu życia może być wykorzystywana do określenia wpływu produktów na środowisko na poszczególnych etapach ich funkcjonowania, ale nie tylko. Dzięki niej możliwy jest także wybór najkorzystniejszego rozwiązania w zakresie gospodarki odpadami.

■ Utworzona w przepisach prawa struktura postępowania z odpadami ma na celu jak największą redukcję ich masy oraz zmniejszenie ich szkodliwości. By to osiągnąć, konieczne jest tworzenie dużych struktur/systemów, które zrealizują postawione zadania techniczne przy jednoczesnym wpisaniu systemu w uwarunkowania przyrodnicze i społeczno-gospodarcze regionu. Takie postrzeganie systemu gospodarki odpadami stawia przed nim bardzo dużo zadań, niejednokrotnie reprezentujących sprzeczne ze sobą cele. Dla pełnego obrazu i łatwiejszego wyboru struktury i funkcji systemu gospodarki odpadami należy w założeniach przyjąć wszelkie możliwe kryteria oceniające, które będą stanowić wszystkie aspekty jego funkcjonowania. Obok kryteriów jednoznacznych i łatwych (ekonomiczne lub społeczne) są też niepewne lub prawdopodobne – i tu należą kryteria środowiskowe.

Podobne zadania stawiane są technologiom gospodarki odpadami, które powinny mieć jak najmniejszy wpływ na środowisko, a jednocześnie być opłacalne ekonomicznie. Oceną efektywności środowiskowej procesów technologicznych można również obejmować zyski środowiskowe lub tzw. emisje uniknięte. Bilans stanu środowiska i uwzględnienie go w trakcie budowy instalacji lub systemu gospodarki odpadami stanowi trudne zadanie decyzyjne na poziomie regionu, gminy i kraju. Zaproponowana metodyka pozwoli na wybór najkorzystniejszego rozwiązania systemu lub technologii gospodarki odpadami z uwzględnieniem uwarunkowań środowiskowych i ekonomicznych.

Ocena wpływu na środowisko

Ocena cyklu życia (ang. Life Cycle Assessment, LCA) to stosunkowo nowa technika zarządzania środowiskowego, oceniająca wpływ na środowisko produktów, technik, technologii lub działań w całym okresie życia na poszczególnych etapach. Opiera się ona na ekobilansach ocenianych produktów lub technologii, których wynikiem jest ocena środowiskowa w postaci kategorii wpływu na środowisko naturalne lub tzw. obszarów szkód, zdefiniowanych jako jakość systemu, zdrowie ludzkie oraz zużycie zasobów. Metodyka LCA znalazła swoje uznanie w normach zarządzania środowiskiem ISO 14040-44. W zakresie gospodarowania odpadami opracowano specjalistyczne programy, wykorzystywane do obliczeń obciążenia środowiska, np. EASE-WASTE, WRATE, IWM (obecnie IWM-2) czy LCAIWM. W Polsce od 2011 r. dostępna jest aplikacja – model IWM-PL – której celem jest wspomaganie prowadzenia ocen systemu gospodarki odpadami. To pierwsze polskojęzyczne narzędzie do prognozowania oddziaływań systemu gospodarki odpadami na środowisko. Dokonuje ono analizy każdego z ocenianych rozwiązań pod względem efektywności finansowej (NPV) i przedstawia graficznie przepływ strumieni odpadów i emisji dla każdego z ocenianych procesów gospodarki odpadami (zbieranie, sortowanie, składowanie, MBP, spalanie, recykling). IWM-PL umożliwia szybką i skuteczną ocenę planowanych rozwiązań technologicznych i dowolnej ilości rozwiązań wariantowych systemu

gospodarki odpadami o różnym poziomie zaawansowania stosowanych technologii. Program stanowi narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji inwestycyjnych przez przedsiębiorców, dostarczając im pełnych informacji o planowanych przedsięwzięciach. Ponadto jest on pomocny w prowadzeniu konsultacji społecznych, dotyczących m.in. doboru najkorzystniejszego rozwiązania dla danego regionu.

Jedną z powszechnie stosowanych metod oceny potencjalnego wpływu na środowisko (zaimplementowaną również do modeli odpadowych) jest Eco-indicator 99. Wyniki analizy podawane są w punktach pośrednich (kategoriach wpływu, np. promieniowanie jonizujące, czynniki rakotwórcze, zubożenie warstwy ozonowej) lub końcowych (kategoriach szkody, np. zdrowie ludzkie, jakość ekosystemu, zużycie zasobów).

Etapami analizy cyklu życia, zgodnie z normą ISO 14040, dla fazy oceny wpływu cyklu życia są: wybór kategorii wpływu, wskaźników kategorii i modeli charakteryzowania (1), klasyfikacja (2), charakteryzowanie (3), normalizacja (4), grupowanie (5) i ważenie (6). Pierwsze trzy etapy są obowiązkowe, trzy kolejne już nie. Klasyfikacja polega na przypisaniu wyników analizy inwentarzowej do kategorii wpływu, a charakteryzowanie to obliczanie wartości wskaźnika kategorii. Z kolei etap normalizacji polega na obliczeniu wartości wskaźnika kategorii względem danych odniesienia. Dla metody Eco-Indicator 99 kategorie szkody znormalizowane są na poziomie europejskim. Grupowanie to porządkowanie i, w miarę możliwości, uszeregowanie kategorii wpływu. Etap ważenia przedstawia wyniki po etapie normalizacji, w którym mnożone są one przez odpowiednie współczynniki ważności. Dzięki temu możliwa jest ocena potencjalnego wpływu określonych procesów lub produktów za pomocą jednego ekowskaźnika, wyrażonego w tzw. ekopunkcie (Pt). Wyraża on stosunek całkowitego obciążenia środowiska (emisje, wielkość zużycia surowców czy też zużycia gruntów) w Europie do liczby jej mieszkańców, pomnożony przez 1000. Wartość 1000 Pt odpowiada więc rocznemu obciążeniu środowiska przez przeciętnego mieszkańca Europy (i przypadającego na jednego mieszkańca Europy).

■ Tab. 1. Macierz decyzyjna dla wyboru najkorzystniejszego systemu gospodarki odpadami

Kryteria oceniające		Scenariusze gospodarki odpadami			
S1	S1	S1	S2	S3	S4
		S1	S2	S3	S4
Ekologiczne	Zdrowie ludzkie [mPt]	375	143	22	-702
	Jakość ekosystemu [mPt]	13	15	53	203
	Zużycie zasobów [mPt]	78	78	117	299
Ekonomiczne	Nakłady inwestycyjne [zł]	10 689 000	10 689 000	17 189 000	127 323 000
	Koszty eksploatacji składowiska [zł]	12 641 371	12 472 120	12 573 726	8 572 488
	Przychody [zł]	12 613 687	12 671 796	14 509 598	18 481 178
	NPV (2005-2030) [zł]	15 378 427	18 048 295	43 784 322	81 938 384

■ Tab. 2. Uszeregowanie wariantów systemu gospodarki odpadami

Przyjęte wagi kryteriów	Uszeregowanie strategii		
	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = \infty$
1:1:1:1:1:1:1	S4 > S3 > S2 > S1	S3 > S4 > S2 > S1	S3 > S2 > S4 > S1
5:1:1:1:1:1:1	S4 > S3 > S2 > S1	S4 > S3 > S2 > S1	S3 > S2 > S4
1:5:1:1:1:1:1	S2 > S1 > S3 > S4	S3 > S2 > S1 > S4	S3 > S2 > S1
1:1:5:1:1:1:1	S2 > S1 > S3 > S4	S3 > S2 > S1 > S4	S3 > S2 > S1
1:1:1:5:1:1:1	S3 > S2 > S1 > S4	S3 > S2 > S1 > S4	S3 > S2 > S1
1:1:1:1:5:1:1	S4 > S3 > S2 > S1	S4 > S2 > S3 > S1	S4
1:1:1:1:1:5:1	S4 > S3 > S2 > S1	S4 > S3 > S2 > S1	S4
1:1:1:1:1:1:5	S4 > S3 > S2 > S1	S4 > S3 > S2 > S1	S4
5:5:5:1:1:1:1	S2 > S3 > S1 > S4	S3 > S2 > S1 > S4	S3 > S2
1:1:1:5:5:5:5	S4 > S3 > S2 > S1	S4 > S3 > S2 > S1	Brak rozwiązania

Analiza decyzyjna

Do poszukiwania optymalnego rozwiązania funkcji i kształtu systemu gospodarki odpadami lub też wyboru technologii posłużono się teorią decyzji. Zgodnie z nią, problem decyzyjny to taki, w którym podmiot staje przed koniecznością wyboru jednego z przynajmniej dwóch wariantów działania. Jego rozwiązanie polega przede wszystkim na analizie porównawczej wszystkich analizowanych wariantów w oparciu o przyjęte kryteria oceniające. Prawidłowe rozwiązanie problemu decyzyjnego jest możliwe wówczas, gdy potrafimy opisać go w sposób całościowy, poprzez wymierne wskaźniki oceniające. Na proces podejmowania decyzji składają się: zdefiniowanie problemu decyzyjnego, a także określenie i opisanie ocenianych wariantów oraz możliwości technologicznych przetwarzania strumienia odpadów. Ponadto znajduje się i opisuje kryteria oceny wariantów ze względu na cele, które mają osiągnąć poszczególne rozwiązania – nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji, wpływ rozwiązań na środowisko naturalne, uwarunkowania społeczno-gospodarcze regionu itp. W podanym przykładzie kryteria oceniające stanowią będą kategorie wpływu jako wynik analizy LCA oraz wskaźnik ekonomiczny funkcjonowania opisywanej technologii.

Istotny jest również wybór metody analizy wielokryterialnej, czyli matematycznej metody, która wskaże rozwiązanie najkorzystniejsze w sposób kompromisowy, w zależności od przyjętych założeń do obliczeń i uwarunkowań regionu, a także wybór rozwiązania optymalnego, najkorzystniejszego, przy określonych założeniach i ograniczeniach opisanych przez wymierne kryteria oceniające poszczególne rozwiązania. Sposób całościowej oceny i ostatecznie podjętej decyzji oparty jest na integrowaniu wskaźników i przeprowadzeniu wielokryterialnej oceny oraz wyborze wariantu spełniającego wymagane cele.

W niniejszym przykładzie do rozwiązania zadania decyzyjnego zastosowano metodę programowania kompromisowego, wykorzystującą koncepcję porządkowania poszczegól-

nych strategii według ich odległości od ustalonego punktu idealnego $X'(x_1', x_2', \dots, x_M')$, którego wszystkie współrzędne xM' są równe maksymalnej wartości przyjętej skali normalizacyjnej. Kryterium agregujące miarę odległości strategii od punktu idealnego ma postać:

$$L_{\alpha}(s_n) = \sum_{m=1}^M w_m^{\alpha} \cdot (x_{nm} - r_{NM}')^{\alpha} \quad (1)$$

natomiast wybór najlepszej strategii odbywa się wg zasady:

$$s_j = s^* \Leftrightarrow L_{\alpha}(s_j) = \min_{n=1,2,\dots,N} L_{\alpha}(s_n) \quad (2)$$

gdzie:

$L_{\alpha}(S_n)$ – miara odległości badanej strategii sn od punktu idealnego,
 S – wybrana strategia,
 w_m – współczynnik wagi kryterium m,
 x_{nm}' – m-ta współrzędna punktu utopijnego,
 r_{NM}' – znormalizowana wartość kryterium,
 M – liczba kryteriów,
 α – wykładnik potęgowy mierzący odchylenie strategii od punktu utopijnego X' , przyjmowany w praktyce jako 1, 2 oraz ∞ .

Założenia i wyniki

Do analizy przyjęto cztery warianty gospodarki odpadami komunalnymi. Pierwszy (S1) to składowanie zmieszanych odpadów komunalnych, bez funkcjonowania systemu selektywnej zbiórki oraz bez żadnych instalacji odzysku lub unieszkodliwiania odpadów (poza składowiskiem). W drugim wariancie (S2) przyjęto ręczną segregację oraz odzysk surowców wtórnych w istniejącej sortowni odpadów, polegający na doczyszczaniu surowców zebranych z segregacji „u źródła”. Składowanie odpadów zmieszanych w ilości ok. 90 tys. Mg rocznie ma się odbywać z odzyskiem biogazu (eksploatowana kwatera o pojemności 680 tys. m³). Założono także odgazowanie zamkniętej I kwatery składowiska. W trzecim wariancie (S3) uwzględniono sortowanie odpadów z selektywnej zbiórki przy założeniu zwiększonego efektu segregacji odpadów „u źródła” – do ok. 15% masy odpadów (szkło, papier, plastik, metale), składowanie pozostałych zmieszanych odpadów komunalnych wraz z odzyskiem bio-

gazu oraz odgazowanie zamkniętej I kwatery. Przyjęto też, że biogaz będzie zagospodarowany poprzez budowę instalacji elektrociepłowni gazowej. Z kolei czwarty wariant (S4) przewidywał modernizację zakładu, czyli budowę zakładu mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów, a w tym: kompostowanie odpadów zielonych, sortowanie odpadów z selektywnej zbiórki, segregację mechaniczną odpadów zmieszanych, instalację beztlenowej stabilizacji biofrakcji odpadów, przygotowanie paliwa alternatywnego, składowanie odpadów z procesu biologiczno-mechanicznego przetwarzania, odgazowanie zamkniętej I i II kwatery składowiska oraz zagospodarowanie biogazu.

Wykorzystując kryteria oceniające funkcjonowanie systemu, dokonano analizy i wyboru systemu najkorzystniejszego z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej (tab. 1).

Metoda – oprócz uwzględniania wartości kryteriów – daje dodatkowo możliwość ważenia poszczególnych kryteriów lub ich grup, tzn. uwzględnienia w obliczeniach ważności niektórych parametrów, które mają dla decydenta szczególne znaczenie. Dla obiektywności obliczeń nadawano wyższą wagę kolejno wszystkim grupom kryteriów, co pozwoliło prześledzić wyniki obliczeń i przeprowadzić analizę wrażliwości otrzymanych rozwiązań w zależności od nadawanych wag. Uszeregowanie wariantów systemu gospodarki odpadami w zależności od wag przyjętych kryteriów oceniających zaprezentowano w tab. 2.

Z wykonanych 30 przypadków obliczeniowych, zakładając różne wagi poszczególnych kryteriów lub grup kryteriów (ekologicznych bądź ekonomicznych), jako najkorzystniejszy wybrany został wariant S4 (14 razy), a jako dopuszczalny – wariant S3 (12 razy). Potwierdza to, iż inwestycja w nowoczesne rozwiązania zagospodarowania odpadów jest zarówno korzystna dla środowiska, jak i opłacalna ekonomicznie. ■

dr hab. inż. Agnieszka Generowicz
Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska, Politechnika Krakowska

prof. dr hab. Joanna Kulczycka
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

Naturalnie zapakowane

Torby handlowe są nieodłącznym produktem sprzedawanym lub udostępnianym przez handlowców w momencie pakowania zakupów. Obecnie zaś coraz więcej sklepów oferuje swoim klientom opakowania, w których zastosowano innowacyjne, przyjazne środowisku rozwiązania materiałowe.

■ Produkcja opakowań to nie tylko znacząca branża w gospodarce – dzięki wprowadzaniu innowacyjnych materiałów i rozwiązań technologicznych ma ona również ogromny wpływ na zrównoważony rozwój, w szczególności na efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych, oszczędność energii czy podwyższanie jakości i bezpieczeństwa życia. Wyroby z tworzyw sztucznych, w tym torby handlowe, nawet na końcu cyklu życia zachowują swoją wartość jako surowce i są cennym materiałem wtórnym. Ich wartość można odzyskać na wiele sposobów: w procesach recyklingu surowcowego, w którym uzyskujemy nowe wyroby, lub – jeżeli jest on nieopłacalny bądź niemożliwy – w procesach odzysku energii, a nieliczne można nawet poddać procesowi kompostowania.

Torby handlowe stanowią jednak poważny problem w gospodarce odpadami, ponieważ gros z nich trafia na składowiska (a składowanie jest najmniej pożądaną formą unieszkodliwiania odpadów – wg unijnej hierarchii postępowania z odpadami), zaśmieca ulice oraz tereny zieleni i niszczy krajobraz. Z tego względu ważne jest wdrażanie jak największej ilości innowacji produktowych związanych z „ekologizacją” całego cyklu życia opakowań i powodujących zminimalizowanie ilości powstających odpadów. Ich przykładem jest pojawienie się na krajowym rynku coraz większej ilości toreb z tworzyw ulegających biodegradacji lub toreb z polietylenu z dodatkiem inicjującym przyspieszoną degradację.

Ekologia i ekonomia

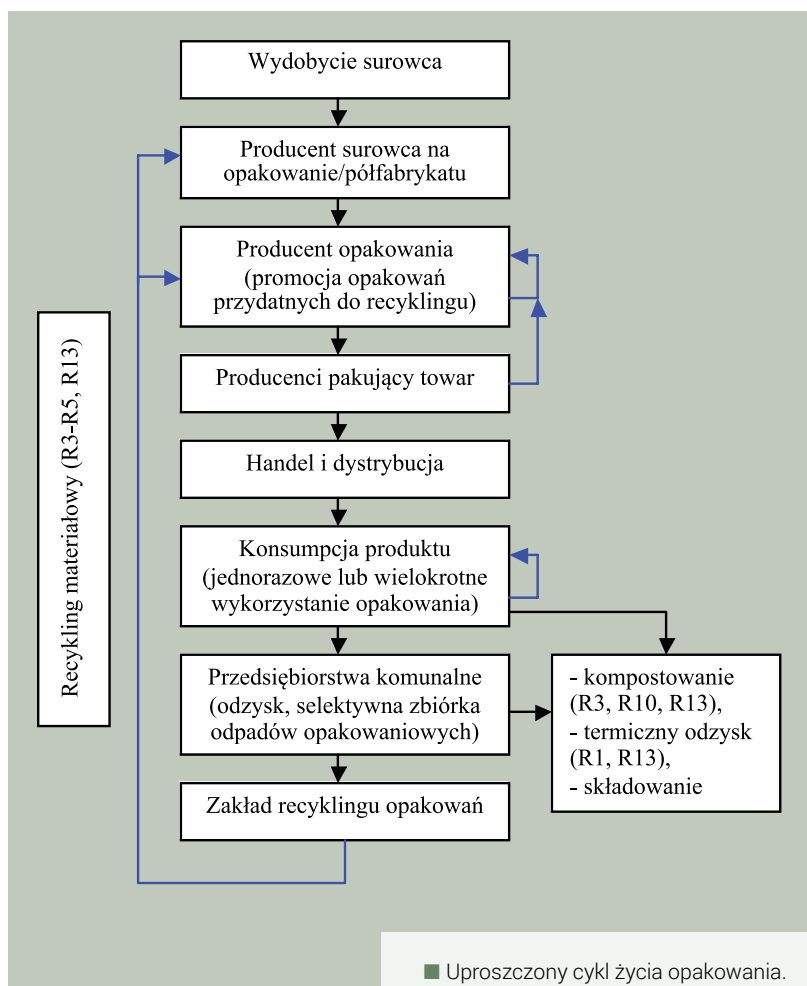
Wpływ opakowań, w tym toreb handlowych, na środowisko powinien być oceniany w całym cyklu ich życia, począwszy od pozyskania surowców naturalnych (ropy naftowej) potrzebnych do ich wytworzenia, a kończąc na fazie recyklingu lub unieszkodliwiania. Uproszczony cykl życia opakowań, uwzględniający procesy odzysku (wg załącznika do ustawy o odpadach), zaprezentowano na rysunku. Ocena tylko jednego etapu cyklu życia może nie uwzględniać istotnych zagrożeń obserwowanych

w innych etapach, dlatego też, w celu jak największego zobiektywizowania oceny wpływu opakowań na środowisko, proponuje się zastosowanie narzędzia oceny, jakim jest LCA – Life Cycle Assessment. W ocenie tej uwzględnia się różne kryteria ekologiczne: zużycie zasobów naturalnych, energii i wody, emisję do powietrza i gleby, zakwaszenie i eutrofizację wód powierzchniowych, przemysłowe wykorzystanie odpadów, wpływ na zdrowie ludzi i na ekosystemy, a także zmiany klimatu i ekosystemu¹.

Oprócz czynnika ekologicznego, czyli wpływu opakowań na środowisko, duże znaczenie w gospodarce opakowaniowej

ma również czynnik ekonomiczny. Na portalach internetowych można przeczytać, iż co roku trafia do Polski ok. 4,5 mld plastikowych butelek z napojami, z czego zaledwie 1,1 mld jest ponownie przetwarzanych. Oznacza to, że co roku marnowany jest surowiec o wartości ok. 400 mln zł^{2,3}. W przypadku toreb handlowych wartość ta jest trudna do oszacowania, gdyż w raportach dotyczących odpadów opakowaniowych z tworzyw sztucznych nie widnieje rubryka „torby handlowe, foliówki, reklamówki”. Szacuje się jednak (wg danych z produkcji), że rocznie w Europie wytwarzanych jest 3,4 mln Mg foliówek, z czego w Polsce ok. 23,1 tys. Mg, co w przeliczeniu na jednego Polaka wynosi 300 szt. rocznie. Recyklingowi poddaje się tylko 10% foliówek zużywanych na świecie, a rozkład takiej konwencjonalnej torby handlowej wynosi od 100 do 400 lat. Średnie życie jednorazowej torby handlowej to 12 minut^{3,5}.

Według ceny surowców wtórnych, wartość handlowa tworzywa sztucznego jako surowca wtórnego, podobnie jak innych odpadów opakowaniowych, w ostatnim roku znacznie spadła. Jednak ze względu na tak powszechne zaśmiecanie środowiska tego typu odpadami oraz wytyczne prawa krajowego i unijnego ich recykling powinien być priorytetem. Przyjmując zużycie 23,1 tys. Mg foliówek rocznie i tylko 10%



■ Uproszczony cykl życia opakowania.

ich odzysku, przy cenie za surowiec wtórny z 2013 r. (400 zł/Mg) co roku marnowany jest surowiec o wartości ok. 8,32 mln zł (w 2012 r. – 18,4 mln zł).

Torby konwencjonalne a środowisko

Torby handlowe (pakowne, foliówki, koszulki z uchwytem zgrzewanym, zrywki, marketki) produkowane są z różnych odmian polietylenu (PE). Różnią się one najczęściej technologią wytwarzania, przeznaczeniem, grubością zastosowanej folii oraz sposobem zamykania (torby otwarte lub strunowe). Przykładowo, torby handlowe typu koszulka z nadrukiem lub bez nadruków, wykonane z cienkiej folii PE-HD (grubość od 7 μm), charakteryzują się bardzo niską masą i przewidziane są do jednorazowego użycia, natomiast te z grubszych folii PE-LD (od 30 do 100 μm) cechują się większą wytrzymałością i efektywnym nadrukiem. Są one najczęściej sprzedawane i wielu klientów używa ich kilkakrotnie (stają się wówczas opakowaniami wielokrotnego użycia).

Torby wykonane z polietylenu są przydatne do recyklingu materiałowego, jednak z uwagi na masowe ich stosowanie stwarzają duże uciążliwości dla środowiska – ponieważ zanieczyszczają drogi, parki, chodniki i lasy (przez silne podmuchy wiatru i nieodpowiedzialnych konsumentów), a także dlatego, że zbiórka ich jest nieopłacalna ze względu na bardzo niską masę jednostkową surowca wtórnego (ok. 2 g).

Chwyty marketingowe

Dodatkowym utrudnieniem identyfikacji „przyjazności” toreb dla środowiska jest stosowanie nieodpowiednich chwytów marketingowych przez producentów opakowań. Znaki umieszczane na torbach przedstawiają najczęściej drzewo, listek, trawę, lub zwierzę (czyli symbole kojarzące się z dbałością o środowisko i przyrodę), a co więcej – torby takie są w kolorze zielonym



■ Ekologiczne torby handlowe wykonane z materiałów naturalnych typu: papier, surowka bawełniana, juta i len.

oraz posiadają napisy typu: „torba degradable”, „torba przyjazna środowisku”, „razem dbamy o środowisko” czy „bądź EKO!”. Większość konsumentów kupuje je, wierząc, że w ten sposób przyczynia się do ochrony środowiska, a zakupiona torba jest lepsza od innych. Uważają ponadto, iż można je wykorzystać jako worki na odpady domowe, które ulegną bezpiecznemu rozkładowi na składowiskach odpadów, bądź że można je spalić. Przeciętni konsumenci nie mają świadomości, iż odpady opakowaniowe mogą być poddawane termicznemu procesowi odzysku tylko w odpowiednich instalacjach i najczęściej jest to spalanie z odzyskiem energii. Przykładem takiej dezinformacji konsumenckiej jest nadruk na spodzie torby, gdzie obok znaku pętli Mobiusa LD-PE widnieje tekst sprzyjający spalaniu toreb: „Ochrona środowiska: nie zaśmiecaj środowiska naturalnego. Podczas procesu spalania torba nie wydziela szkodliwych gazów”.

Często producenci wprowadzają konsumentów w błąd lub stosują dezinformację, używając na torbach znaków przeciwnych. Torby z PE nie nadają się do kompostowania (polietylen nie ulega biodegradacji), nie spełniają więc wymagań normy EN 13432:20006, a wykorzystanie do recyklingu jest ograniczone zawartością dodatku TDPA. Jest to więc typowy przykład świadomych nadużyć dobrej praktyki handlo-

wej, mający na celu wprowadzenie klientów w błąd. Dodatki chemiczne, tzw. degradanty, które powodują fotodegradację polietylenu połączoną z procesem utleniania, mogą być pożądane dla niektórych zastosowań. Z punktu widzenia stosowanej w Polsce dla odpadów opakowaniowych podstawowej metody odzysku, tj. recyklingu materiałowego, dodatki takie nie są wskazane, gdyż mogą negatywnie wpływać na jakość uzyskanego surowca wtórnego^{7,9}.

Innym rodzajem toreb, często występujących w sklepach wielkopowierzchniowych jako alternatywa do stosowania toreb z PE, są torby wielokrotnego użycia z tkaniny polipropylenowej (PP), które są bardzo wytrzymałe i pojemne. Polipropylen jako materiał jednorodny nadaje się do powtórnego przetworzenia w granulaty (recykling materiałowy), natomiast nie nadaje się do kompostowania, spalania (wyjątek stanowią wyspecjalizowane instalacje) i deponowania na składowiskach odpadów, gdyż jako materiał prawie niedegradowalny i odporny na działanie czynników środowiskowych może zalegać na składowiskach setki lat.

Torby biodegradowalne

Wieloletnie badania nad zastosowaniem w opakownictwie nowych, innowacyjnych i przyjaznych środowisku materiałów przyczyniły się do zaistnienia na rynku opakowań o zwiększonej degradowalności łańcucha polimeru, który może ulegać hydrolizie, utlenianiu, termo- lub fotodegradacji, oraz opakowań wykonanych z polimerów biodegradowalnych, które są wrażliwe na działanie enzymów wytwarzanych przez bakterie i grzyby. Większość polimerów syntetycznych nie jest jednak biodegradowalna. Szybkość przebiegu procesu biodegradacji zależy od warunków otoczenia (temperatura, wilgotność, pH, sole mineralne, tlen, światło itp.), warunków prowadzenia procesu (kompostowania, składowania), budowy chemicznej materiału opakowaniowego, a także struktury powierzchni i grubości materiału^{8,10}.

Materiały polimerowe ulegające biodegradacji, czyli ulegające rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów, to polihydroksyśmałan

■ Torby handlowe z polimerów oxy- i biodegradowalnych.



(PHB), polilaktyd (PLA), polikaprolakton (PCL), polihydroksyalkanolan (PHA), poli(3-hydroksymaślan-3-hydroksywalerian) (PHBV), poliglikolid, poli(kwas glikolowy) (PGA) oraz skrobia termoplastyczna (TPS). Ta ostatnia jest wytwarzana z surowców odnawialnych pochodzenia naturalnego, a w postaci granulatu stanowi gotowy produkt do wytwarzania wyrobów metodami stosowanymi dla konwencjonalnych tworzyw polimerowych lub może być wykorzystana jako surowiec do wytwarzania mieszanin skrobiowo-polimerowych przydatnych do recyklingu organicznego. TPS przeznaczona jest na wyroby opakowaniowe, folie, torby handlowe, worki na śmieci oraz artykuły jednorazowego użytku i w tym zakresie może być równoznacznym zamiennikiem konwencjonalnych tworzyw, takich jak poliolefiny czy PVC. Jest biodegradowalna, czyli ulega rozkładowi w warunkach kompostowania oraz podlega recyklingowi organicznemu.

W Polsce sieć handlowa Carrefour 5 czerwca 2008 r. jako pierwsza wprowadziła torby w 100% biodegradowalne, kompostowane, wykonane z surowców odnawialnych – skrobi. Ulegają one rozkładowi na wodę, dwutlenek węgla oraz resztki organiczne, czyli kompost. Posiadają certyfikat DIN CERTCO, potwierdzający, że są to opakowania ulegające biodegradacji i nadają się do kompostowania (recykling organiczny) oraz zostały specjalnie tak zaprojektowane, aby mogły służyć jako worek na śmieci¹¹. Obecnie coraz więcej placówek wielkopowierzchniowych wprowadza do swojej oferty handlowej „zielone rozwiązania opakowaniowe”. Przykładowo są torby, w których w celu przyspieszenia degradacji do tworzywa PE wprowadzono 1-3% dodatku przyspieszającego rozkład fotochemiczny lub chemiczny, dzięki któremu torba taka w ciągu kilkunastu miesięcy staje się krucha i ulega defragmentacji na drobne kawałki (rozrywa się). Obecnie na krajowym rynku można znaleźć torby z dodatkami TDPA (ang. Totally Degradable Plastic Additives, wprowadzone przez kanadyjską firmę EPI – Environmental Plastics) oraz d2w (ang. degradable to water, produkowane przez brytyjską firmę Symphony Environmental, wg normy z 2011 r. BS8472, wydanej przez British Standard Institute; torby z tym dodatkiem ulegają oksybiodegradacji).

Dodatki te stanowią tajemnicę handlową i dlatego ich skład chemiczny nie jest ujawniany przez dostawców, a nadane tajemnicze nazwy tak naprawdę nic nie mówią konsumentom o składnikach. Torby te, wg producentów, „w 100% ulegają degradacji i nadają się do ponownego przetworzenia”. Dzięki dodaniu TDPA po określonym czasie wyrzucona torбка ulega defragmentacji (zaczyna się rozpadać na mniejsze części) pod wpływem działania czynników środowiskowych (tzw. katalizatora, czyli wody, powietrza, promieni UV). Następnie torba ulega biodegradacji, dzięki czemu cząstecz-

ki folii PE zostają rozłożone na H₂O, CO₂ i nietoksyczną biomasę, całkowicie przyjazną środowisku. Czas rozkładu zależy od ilości dodanego składnika – średnio oksybiodegradacja następuje w czasie 18-24 miesięcy (firma Symphony Environmental podaje czas od trzech miesięcy do pięciu lat).

Znak certyfikowany związany z normą EN 13432 to symbol zielonej kropli, umieszczany na torbach oksybiodegradowalnych oferowanych przez sieci InterMarche, Tesco i Lewiatan (wytwarzane z polimerów syntetycznych z dodatkiem d2w lub TDPA). Podobnie torby biodegradowalne, oferowane przez sieć Carrefour, są oznaczone znakiem „seedling” (sadzonka, kompostowalny). Torby te najczęściej wykonane są z biopolimerów – zmodyfikowanej skrobi kukurydzianej, pszenicznej lub ziemniaczanej bądź trzcin cukrowej – i doskonale nadają się do kompostowania.

Na rynku opakowaniowym pojawiają się również torby określane jako: „ecoLoop” (torby powstające z zamkniętego obiegu recyklingu), „I’m green” (opakowanie składające się przynajmniej w 85% z surowca odnawialnego – trzciny cukrowej), „bioStep” (produkowane ze skrobi surowców odnawialnych, takich jak ziemniaki i kukurydza), „natureStep” (opakowania ulegające biodegradacji, produkowane z konwencjonalnych surowców, w których – dzięki zastosowaniu specjalnych substancji, tzw. dodatków uszlachetniających – materiał szybciej ulega rozkładowi) oraz „I’m eco” (giętkie opakowania z regranulatu, powstające z zużytej folii poddanej recyklingowi, zawierające ponad 50% materiałów pochodzących z recyklingu)¹².

Najmniej szkodzą środowisku torby handlowe wykonane z naturalnych (odnawialnych) surowców, czyli np. z papieru z recyklingu, surowki bawełnianej, juty czy lnu. Torby te nadają się zarówno do wielokrotnego stosowania, jak i do recyklingu materiałowego oraz spalania z odzyskiem energii (zdjęcia).

W większości sklepów wielkopowierzchniowych oferowane torby handlowe występują w asortymencie 3- bądź 4-rodzajowym, ale najczęściej są to torby z tworzyw sztucznych, o których nie można powiedzieć, że są przyjazne środowisku z uwagi na ich szybki rozkład. Tak więc warunkiem prawidłowego zagospodarowania odpadów z tych opakowań jest ich odzysk „u źródła”, segregacja i przekazanie do odpowiedniego zakładu w celu przeprowadzenia recyklingu materiałowego bądź odpowiedniej utylizacji. Dodatkowo ceny surowców wtórnych nie zachęcają konsumentów indywidualnych do dobrowolnego przekazywania wysegregowanych odpadów do skupu, gdyż więcej wyniesie koszt przejazdu samochodem do takiego punktu niż suma uzyskana za przekazane surowce wtórne. Odzysk energii ze spalania toreb handlowych również jest utrudniony ze względu na niewielką ilość instalacji dla celów komunalnych.

Dodatkowo biodegradacja posiada ukryte koszty (środowiskowe i finansowe). Większe koszty związane z produkcją opakowań biodegradowalnych powodują, iż ceny tych toreb są kilkakrotnie wyższe od ceny toreb konwencjonalnych o takich samych rozmiarach i wytrzymałości. Wybór torby na zakupy przez mniej zamożnego konsumenta jest więc prosty.

Tradycyjne torby handlowe powinny być umieszczane w pojemnikach przewidzianych na opakowania z tworzyw sztucznych, natomiast te z dodatkami degradowanymi nie powinny trafiać do kompostowania (pozostałości po defragmentacji to ciągle tworzywa sztuczne). Do kompostowni (w Polsce jest ich ok. 80) powinny być kierowane torby kompostowalne, odpowiednio oznakowane i zbierane w pojemnikach do zbiórki odpadów organicznych.

Jednorazowe torby handlowe z tworzyw sztucznych, stosowane na masową skalę w obiektach handlowych i usługowych, zaśmiecają środowisko, gdyż są wyrzucane do pojemników na odpady komunalne i trafiają na składowiska odpadów lub są wyrzucane gdziekolwiek i trafiają bezpośrednio na ulice miast, do lasów i na pobocza dróg. Powszechne wprowadzenie toreb ulegających oksy- i biodegradacji wydaje się więc dobrym rozwiązaniem dla zaśmieconych polskich miast i przeładowanych składowisk odpadów. ■

Źródła

1. Zarebska J.: *Ekologiczne i ekonomiczne aspekty gospodarki odpadami opakowaniowymi w województwie lubuskim*. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zielona Góra 2013.
2. www.portalspozywczy.pl/opakowania (dostęp: 10.08.2014).
3. www.uniscale.pl/pl/firma/aktualnosci/id/39 (dostęp: 20.08.2014).
4. Michniewska K.: *Pierwsza analiza cen na rynku surowców wtórnych za lata 2009-2012 – cykl marketingowy cz. 2/10*. „Logistyka Odzysku” 1/2013.
5. www.plasticseurope.pl/centrum-informacji/centrum-prasowe/informacje-prasowe-2013/przemys-tworzyw-sztucznych-w-polsce-2013.aspx (dostęp: 30.08.2014).
6. PN-EN 13432:2002 Opakowania – Wymagania dotyczące opakowań przydatnych do odzysku przez kompostowanie i biodegradację. Program badań i kryteria oceny do ostatecznej akceptacji opakowań.
7. Żakowska H.: *Ekologiczne torby handlowe? „Opakowanie”* 11/2007.
8. Żakowska H.: *Torby handlowe przyjazne środowisku? „Opakowanie”* 11/2007.
9. www.gospodarka-odpadami.pl/konferencje/24_25_marca_2011_selektywna_zbiorka/Zakowska.pdf.
10. Kurcek A.: *Biodegradacja*, www.e-biotechnologia.pl/Artykuly/Biodegradacja/ (dostęp: 30.08.2014).
11. media.carrefour.pl/pr/231611/carrefour-pol-ska-rezygnuje-z-toreb-plastikowych.
12. www.papier-mettler.com/PL_Rozwiazania-proekologiczne_Produkty_Im-eco.htm (dostęp: 30.08.2014).

dr inż. Joanna Zarebska

Katedra Zarządzania Środowiskiem i Gospodarką Publiczną, Uniwersytet Zielonogórski

Zbudować przyszłość

Zarówno na etapie powstawania budynków, jak i podczas ich użytkowania oraz likwidacji powstają ogromne ilości odpadów budowlanych. Do 2020 r. aż 70% ich masy ma być poddawanych recyklingowi bądź przeznaczonych do powtórnego użycia, dlatego poszukuje się innowacyjnych metod ich zagospodarowania.

■ Szacuje się, że ilość odpadów budowlanych i rozbiórkowych wytwarzanych rocznie w Unii Europejskiej wynosi 850 mln ton, tj. 31% wszystkich odpadów generowanych w krajach członkowskich UE¹.

Wyróżnia się trzy podstawowe źródła wytwarzania odpadów budowlanych: odpady pochodzące z prac budowlanych o dużym zróżnicowaniu strumienia, rozproszeniu w przestrzeni i znacznej zmienności składu, odpady pochodzące z prac rozbiórkowych o mniejszym zróżnicowaniu strumienia i zmienności składu oraz podobnym rozproszeniu w przestrzeni, np. odpady z prac budowlanych, a także odpady z prac adaptacyjno-remontowych – najbardziej zróżnicowane, trafiające w znacznej części do strumienia odpadów komunalnych¹.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2008/98/WE z 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów² zakłada rozszerzenie listy sposobów właściwego postępowania z odpadami i podjęcie działań zapobiegających ich powstawaniu, ale także wyznacza cele w zakresie recyklingu i ponownego użycia odpadów, zobowiązując państwa członkowskie do podjęcia kroków niezbędnych do ich osiągnięcia. W związku z tym poszukuje się innowacyjnych materiałów budowlanych, pochodzących z recyklingu odpadów budowlanych, powstających w trakcie budowy, użytkowania (remonty, modernizacje) oraz likwidacji (rozbiórki) obiektów.

Recykling betonu

Innowacyjnym sposobem na zagospodarowanie betonu jest wytworzenie z niego kruszyw. Zakłady wytwarzające kruszywa z recyklingu betonu muszą mieć jednak zapewnione stałe i obfite dostawy gruzu rozbiórkowego, łatwy dojazd dla ciężarówek, a także dostępny odpowiedni teren przemysłowy, najlepiej w pobliżu zagłębi terenu, które można zapełnić odpadami³. Najkorzystniejsze do recyklingu są betonowe nawierzchnie drogowe i pasy startowe, gdyż generują one duże ilości stosunkowo czystego gruzu betonowego w krótkim okresie. We wszystkich przypadkach recyklingu takich betonów uzyskuje się znaczne oszczędności w porównaniu do łącznych kosztów składowania starego betonu, przewozu materiału z wyrobisk lub kamieniołomów i produkowania nowego betonu z tradycyjnych kruszyw³.

Należy mieć jednak na uwadze, że stosowanie kruszywa recyklingowego w dużym stopniu wpływa na pogorszenie trwałości i wytrzymałości betonu⁴. Jednak pomimo tej wady należy rozważyć możliwości wykorzystania betonu do produkcji kruszyw, gdyż jest to alternatywna metoda zagospodarowania odpadów pochodzących z odpadów budowlanych i rozbiórkowych w betonie.

Zagospodarować styropian

Styropian, czyli polistyren spieniony, ze względu na swoje właściwości termoz izolacyjne jest często stosowany w budownictwie. Swą popularność materiał ten zawdzięcza dobrym właściwościom termoz izolacyjnym, niskiemu ciężarowi właściwemu i cenie. W czasie wykonywania termoz izolacji przegród, w trakcie remontów czy też podczas rozbiórki poeksploatacyjnej budynków powstają duże ilości odpadów polistyrenowych, które można zagospodarować⁴. Jednym ze sposobów jest wytworzenie tzw. ekostyrenu, czyli spreparowanego kruszywa styropianowego, które łatwo miesza się z wodą, cementem i piaskiem. Z tej mieszanki powstaje styrobeton, który znajduje zastosowanie jako izolacyjny wypełniacz konstrukcji, dodatkowe ocieplenie ścian pionowych, elastyczny podkład dróg i arealów sportowych itp. Styropian pochodzący z prac remontowych może być także wykorzystany do produkcji zaprawy cementowo-styropianowej, stosowanej m.in. jako lekkie podłoże izolacyjne pod posadzki mieszkalne, warstwa izolacyjna i nośna pod ogrzewanie podłogowe czy też warstwa izolacyjna do pokryć dachów i poddaszy.

Styropian z recyklingu może być również stosowany jako dodatek termoizolacyjny do pustaków i tynków, a także – ponieważ jest obojętny dla środowiska – do spulchniania gleby. Wysoka wartość energetyczna tego materiału stwarza ponadto możliwość odzysku energii poprzez spalenie⁴.

Nowatorskie podejście

Innowacyjny sposób na zagospodarowanie styropianu znaleźli naukowcy z Zakładu Budownictwa Ogólnego na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Założono recykling odpadów polistyrenu, polegający na ich rozpuszczeniu



■ W Polsce wytwarza się rocznie ok. 4 mln ton odpadów budowlanych¹.

(odpowiednio dobraną grupą rozpuszczalników), a następnie poddaniu uzyskanej kompozycji procesowi modyfikacji poprzez użycie odpowiednich dodatków (plastyfikatorów i barwników). W efekcie powstaje całkowicie nowy produkt – styrozol. Charakteryzuje się on m.in. krótkim czasem wysychania (poniżej godziny), odpornością na działanie promieniowania UV, rzadko spotykaną szczelnością powłoki oraz dużą elastycznością. Zaletą tej metody jest to, że zagospodarowanie odpadów styropianu użytego do ocieplania budynków może odbywać się w miejscu ich powstania, tj. na placach budów, a uzyskany wyrób może być od razu wykorzystany do wodochronnego izolowania balkonów i sanitariatów. Produkt ten znajduje zastosowanie również jako izolacja przeciwwodna w budynkach użyteczności publicznej i służby zdrowia oraz do zabezpieczania betonowych zbiorników na wodę do spożycia⁵.

Intensywny rozwój rynku budowlanego w Polsce powoduje powstawanie olbrzymiej ilości odpadów pochodzących z budowania i rozbiórki obiektów. Zobligowani przepisami unijnymi, musimy poszukiwać alternatywnych metod ich zagospodarowania. Ważne, by wykorzystać tę cenną wartość w nich ukrytą, co dodatkowo przyniesie wymierne korzyści ekologiczne i ekonomiczne. ■

Źródła

1. Ratman-Kłosińska I., Matejczyk M.: *Innowacje w gospodarce odpadami budowlanymi*. „Ecomanager” 7/2011.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy (Dz. Urz. L 312 z 22 listopada 2008 r.).
3. Wolska-Kotańska Cz.: *Kruszywa z recyklingu betonu – właściwości i zastosowanie*. XVI Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia a Budownictwo”. PZTB, Bielsko-Biala 2004.
4. Adamczyk J., Dylewski R.: *Recykling odpadów budowlanych w kontekście budownictwa zrównoważonego*. „Problemy ekorozwoju” 4(2)/2010.
5. Truchan K., Wyszynska E.: *Styropian nie musi zaśmieszać*. „Przegląd Budowlany” 12/2008.

Lukasz Bandoz

Toryfikacja – sposób na biomasę

Rozwój cywilizacyjny powoduje, iż w ostatnich latach znacznie wzrosła produkcja odpadów, w tym biomasy odpadowej. Jednym z rozwiązań sprzyjających zagospodarowaniu jej istotnej części jest proces toryfikacji.

■ Toryfikacja to metoda przygotowania biomasy do późniejszych procesów jej termicznego zagospodarowania, głównie współspalania z węglem i zgazowywania. Technologia ta jest znana także jako wolna i łagodna piroliza, pieczenie drewna czy wysokotemperaturowe suszenie.

Toryfikacja polega na fizyczno-chemicznym przetwarzaniu biomasy w temperaturze 200-300°C, głównie przy ciśnieniu atmosferycznym w warunkach niedotlenionych. W zależności od dobranej temperatury, czas zatrzymania dla typowej biomasy wykorzystywanej w tym procesie zawiera się w przedziale 15-60 minut¹. Toryfikacja jest wykorzystywana głównie do przetwarzania biomasy pochodzenia roślinnego – lignocelulozowego². Umożliwia ona zmniejszenie masy produktu przy zachowaniu znacznej części zgromadzonej w nim energii. Przetwarzając w ten sposób biomasę drzewną, można zredukować jej masę do 70%, zachowując przy tym 90% energii. Wiąże się to z pozbywaniem się zarówno praktycznie całej wilgoci z materiału, jak i niektórych lotnych związków organicznych³.

Toryfikacja może być procesem samowystarczalnym energetycznie, przy niewielkim wkładzie energii na zapoczątkowanie procesu. Większość technologii wykorzystuje spalanie bogatego w energię gazu powstałego w tym procesie, a uzyskaną energię przeznacza się na podgrzanie procesów wstępnego suszenia i toryfikacji.

Rodzaje przetwarzanej biomasy

W znakomitej większości wsadem w procesie toryfikacji jest biomasę roślinną. Można ją podzielić na dwie grupy: rośliny energetyczne oraz odpady roślinne. Najbardziej interesującą grupę stanowią uprawy energetyczne. Są to szybko rosnące rośliny, które można wykorzystywać jako źródło energii. Największy potencjał energetyczny mają rośliny posiadające najwyższy procent lignocelulozy w stosunku do cukrów prostych i tłuszczów.

Wiedza o toryfikacji jest oparta na zachowaniu się materiałów lignocelulozowych biomasy z termochemiczną degradacją łańcuchów hemielulozy. Substratami używanymi w skali komercyjnej lub podczas badań w ośrodkach naukowych są drewno i pelety drzewne, kora drzew, pozostałości roślinne

(słoma, łupiny orzechów i łuski ryżu), proso różgowe, odpady organiczne, granulowane odpady z gorzelni, wytloki z trzciny cukrowej, odpady z produkcji oleju, ściółka z kurnika, obornik, osady ściekowe i osad z papierni⁴.

Jednak nie każda biomasę jest pochodzenia lignocelulozowego. Wiele jej rodzajów, w tym biomasę odpadową (odpady komunalne, osady ściekowe, przefermentowane odpady z biogazowni czy zwierzęce odpady rolnicze), składa się z tłuszczów, białek i innych form materii organicznej, z małym udziałem lignocelulozy. W związku z rozwojem cywilizacyjnym produkcja tego typu odpadów znacznie wzrosła. Stąd też występuje silna potrzeba zagospodarowania znacznych ilości odpadów nielignocelulozowych o charakterze organicznym. Potencjalnym sposobem na rozwiązanie tego problemu jest technologia toryfikacji, której celem jest uzyskanie biowęgla.

Badania wpływu procesu na materiały nielignocelulozowe (komunalne osady ściekowe, drobiowe fekalia i podłoże trocinowe) pokazały, że znacznie zwiększyła się ich kaloryczność oraz że zmiany poszczególnych parametrów mają podobny rozkład jak w przypadku biomasy lignocelulozowej⁵.

Toryfikacja stanowi więc szansę na recykling odpadów poprzez wytworzenie biowęgla o zastosowaniach energetycznych lub rolniczych.

Karbonizat – biowęgiel

Do badań procesu wykorzystano linię technologiczną toryfikacji biomasy w instalacji pilotażowej¹. Proces rozpoczyna się od dostawy materiału. Jeśli wilgotność świeżej biomasy przekracza 20%, przed wykorzystaniem jej w procesie należy ją wysuszyć. Biomasę jest toryfikowana w reaktorze przy ustalonych parametrach procesowych. W tej instalacji wykorzystuje się ogrzewanie reaktora za pomocą energii pozyskanej w trakcie spalania gazu powstałego w procesie. Po jego zakończeniu materiał jest kierowany do miejsca, w którym się wychładza. Jeżeli istnieje konieczność zagęszczenia karbonizatu, stosuje się peletyzację lub brykietowanie.

Ważnym aspektem są właściwości uzyskanego produktu – karbonizatu. Zbadano cechy żółtej topoli przed i po toryfikacji⁶. Materiał przed procesem był wysuszony do 5%

wilgotności. Wilgotność materiału po procesie była zawsze mniejsza niż 1% – niezależnie od warunków. Wartość opałowa wzrosła o 6-18%, co miało związek głównie ze zwiększeniem procentowej zawartości ligniny (z 19,05 do 43,18%). Porównano też toryfikację różnych materiałów (wierzby, buku, słomy pszennej, ryżu, rzepaku, miskanta, eukaliptusa i sosny) w temperaturach od 240 do 300°C. Każdy z nich zanotował wzrost wartości opałowej w przedziale od 7 do 20,5%.

Oprócz kaloryczności ważnymi parametrami są właściwości mechaniczne karbonizatu, wpływające na możliwość jego dalszej obróbki. Interesujące są wyniki badań dotyczące wpływu toryfikacji na ścieralność wierzby i miskanta⁷. Biomasę nieprzetworzoną i toryfikowaną przy niskich temperaturach nie wykazywała dobrej ścieralności. Dopiero zwiększenie temperatury spowodowało znaczną poprawę ścieralności materiału do poziomu, jakim cechuje się węgiel. Inni badacze określili wpływ procesu na ścieralność wiórów sosnowych i pozostałości zrębowych⁸. Wyniki pokazały, że ilość energii potrzebnej do rozdrabniania jest 10-krotnie mniejsza dla toryfikatu wiórów i sześciokrotnie mniejsza dla zrębów



Depositphotos/lightsource



■ Odpady pochodzące z gospodarstw domowych mogą być przetwarzane w procesach toryfikacji.

toryfikowanych w 300°C – w porównaniu do nieprzetworzonej biomasy. Ten parametr jest niezwykle ważny, ponieważ w celu efektywnego wykorzystania karbonizatu w procesach energetycznych potrzebna jest jego obróbka mechaniczna, np. peletyzacja.

Podczas toryfikacji biomasy drzewnej następuje zniszczenie łańcuchów hemicelulozy, co ogranicza zdolność gromadzenia wody. Wiele związków z grupami tlenowymi, takich jak hydroksylowe, karboksylowe i karbonylowe, jest usuwanych ze ścian komórkowych, a na ich miejsce wchodzi związki aromatyczne, np. furan. Dzięki takim reakcjom następuje zamiana związków hydrofilowych na hydrofobowe, co uniemożliwia gromadzenie wody przez materiał¹. Ma to duże znaczenie dla przetrzymywania materiału, gdyż nie trzeba budować specjalnych miejsc służących do magazynowania karbonizatu. Można go gromadzić na zewnątrz, bez potrzeby zadaszenia.

Wykorzystanie karbonizatu

Zwiększanie wartości opałowej podczas produkcji karbonizatu podnosi opłacalność wykorzystania substratu do procesów

produkcji energii. Dwa procesy, w których najczęściej stosuje się karbonizat, to zgazowanie i współspalanie z węglem. To drugie rozwiązanie obejmuje jednoczesne spalanie dwóch substratów. Zaletą tego procesu jest ustabilizowanie procesu spalania. Ponadto takie związki, jak CO₂, SO₂, NO_x są produkowane w mniejszej ilości aniżeli przy spalaniu samego węgla. Głównymi wadami tego procesu są niskie wartości opałowe biomasy, wysokie koszty suszenia i przechowywania, duża ilość frakcji lotnych oraz trudności w rozdrabnianiu biomasy⁹. Problemy te mogą być rozwiązane dzięki toryfikacji. Karbonizat ma znacznie wyższą wartość opałową, jest hydrofobowy, ma mniejszą ilość frakcji lotnych, a ilość energii potrzebnej do jego mechanicznej obróbki jest kilkakrotnie mniejsza. Kolejną zaletą jest jednorodność toryfikowanej biomasy i jej większe podobieństwo w składzie chemicznym do węgla. Ma to duże znaczenie, ponieważ dzięki temu można wykorzystywać instalacje do spalania węgla, bez większych modyfikacji.

Zdecydowanie częstszym sposobem energetycznego wykorzystania karbonizatu jest zgazowanie. Istnieje możliwość połą-

czenia procesów zgazowania i toryfikacji. Przy zgazowywaniu biomasy powstaje gaz syntezowy oraz energia w postaci ciepła. Tradycyjnie ta ostatnia jest przetwarzana w energię elektryczną. Alternatywnym rozwiązaniem jest jej użycie w formie ciepła do procesu toryfikacji. Powstały po procesie karbonizatu jest zgazowywany. Zastosowanie takiego systemu rozwiązuje problem dużej wilgotności biomasy i wysokiego stosunku tlenu do węgla, który jest niekorzystny z termodynamicznego punktu widzenia. Połączenie tych procesów umożliwia także wprowadzenie frakcji lotnych po procesie toryfikacji do procesu zgazowania¹⁰.

Istnieje także metoda wykorzystania karbonizatu, która nie jest związana z produkcją energii. Polega ona na wprowadzeniu karbonizatu do ziemi, co polepsza jej właściwości. Wpływa to na zwiększenie retencji wody i różnorodności mikroorganizmów glebowych, zmianę kwasowości gleby, zmniejszenie odpływu azotanów do wód podziemnych oraz wzrost kationowej pojemności wymiennej. Stosowanie tej metody umożliwia poprawienie właściwości wyjałowionych gleb¹¹.

Ze względu na wysoki potencjał do wykorzystania wytworzonego karbonizatu – biowęgla w przypadku odpadów toryfikacja może być formą ich recyklingu. ■

Źródła

1. Verhoeff A. i in.: *Torrefaction Technology for the production of solid bioenergy carriers from biomass and waste*. Report ECN-E-11-039. Petten 2011.
2. Ratte J. i in.: *Mathematical modelling of a continuous biomass torrefaction reactor: TORSYPD column*. „Biomass and Bioenergy” 35/2011.
3. Bergman P.C.A. i in.: *Torrefaction for biomass co-firing in existing coal-fired power stations „biocoal”*. Report ECN-C-05-013. Petten 2005.
4. Sohi S.P. i in.: *Biochar, reducing and removing CO₂ while improving soils: A significant and sustainable response to climate change. Evidence submitted to the Royal Society Geo-engineering Climate Enquiry*. UKBRC Working 2009.
5. Dhungana A.: *Torrefaction of biomass*. Halifax 2011.
6. Kim Y.-H. i in.: *Physical and chemical characteristics of products from the torrefaction of yellow poplar (Liriodendron tulipifera)*. „Bioresource Technology” 116/2012.
7. Bridgeman T.G. i in.: *An investigation of the grindability of two torrefied energy crops*. „Fuel” 12/2010.
8. Phanphanich M., Mani S.: *Impact of torrefaction on the grindability and fuel characteristics of forest biomass*. „Bioresource Technology” 2/2011.
9. Golec T.: *Współspalanie biomasy w kotłach energetycznych*. „Energetyka” 7-8/2004.
10. Prins M.J., Ptasiński K.J., Janssen F.J.: *More efficient biomass gasification via torrefaction*. „Energy” 15/2006.
11. Novotny E.H. i in.: *Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon region for the utilisation of charcoal for soil amendment*. „Journal of the Brazilian Chemical Society” 20/2009.

dr hab. inż. Andrzej Białowiec, Jakub Pulka
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

dr inż. Dariusz Wiśniewski
Wydział Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Odzysk metali z ZSEE

Z początkiem tego stulecia obserwuje się wzrost zainteresowania recyklingiem i odzyskiwaniem metali – np. miedzi, platynowców i pierwiastków ziem rzadkich – z różnych rodzajów odpadów. Dotyczy to także zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE).

■ Na świecie nagromadzono ok. 41,5 mln ton, a w Europie 8 mln ton tego rodzaju odpadów. Zakłada się, że w 2020 r. ich ilość w krajach Unii Europejskiej wyniesie ok. 12,3 mln ton. Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny można zaszerzować do dziesięciu grup: wielkogabarytowe urządzenia gospodarstwa domowego, małogabarytowe urządzenia gospodarstwa domowego, sprzęt teleinformatyczny i telekomunikacyjny, sprzęt audiowizualny, sprzęt oświetleniowy, narzędzia elektryczne i elektroniczne (z wyjątkiem wielkogabarytowych, stacjonarnych narzędzi przemysłowych), zabawki, sprzęt rekreacyjny i sportowy, wyroby medyczne (oprócz wszystkich wszczepianych i skażonych produktów), a także przyrządy do nadzoru i kontroli oraz automaty do wydawania, np. słodczy. Ponieważ zużyty sprzęt zawiera substancje toksyczne, takie jak rtęć, kadm, ołów, polibromowane bifenole (PBB) czy polichlorowane bifenole (PCB), zaliczany jest on do odpadów niebezpiecznych. Z tego względu ZSEE powinno być selektywnie zbierane, a następnie pod-

dawane recyklingowi i unieszkodliwianiu substancji toksycznych. Co więcej, niektóre elementy zużytego sprzętu zawierają metale nieżelazne (Sn, Zn, Ni, Ge), w tym metale szlachetne (Ag, Au, Pt, Pd) oraz metale ziem rzadkich (Y, Eu, Nd, Pr).

Odzyskiwanie składników metalonowych

Skład chemiczny otrzymanego materiału po recyklingu ZSEE wyraźnie zależy od rodzaju przerabianego materiału wyjściowego i zastosowanych operacji jego przeróbki. Wspólną cechą tych materiałów jest stosunkowo podwyższona zawartość tzw. składników bazowych, takich jak Cu, Zn i Pb. Należy podkreślić, że koncepcje odzysku metali nieżelaznych, w tym metali szlachetnych oraz pierwiastków ziem rzadkich, dostosowywane są do konkretnych materiałów pochodzących ze ZSEE.

Odzyskiwanie wartościowych składników ze ZSEE można prowadzić na drodze pirometalurgicznej lub hydrome-

talurgicznej. Wybór metody zależy od szeregu czynników – m.in. od skali przeróbki materiału wtórnego i postulowanego produktu. O wdrożeniu danego sposobu odzysku decyduje przede wszystkim rachunek ekonomiczny oraz stopień udziału surowców wtórnych. Na ogół w pierwszej kolejności odzyskuje się metale bazowe, takie jak Cu, Ni i Sn.

W przypadku przeróbki wtórnych materiałów miedzianych stosuje się obie metody: pirometalurgiczną i hydrometalurgiczną. Pierwsza z nich jest szczególnie przydatna dla surowców zawierających domieszki metali szlachetnych, ponieważ w trakcie wytwarzania miedzi metale szlachetne przechodzą do ostatniej fazy produkcji, tj. elektrolitycznej rafinacji miedzi. Podczas elektrorafinacji miedzi metale te osadzają się na dnie elektrolizera w postaci tzw. szlamu anodowego, w którym gromadzą się głównie metale szlachetne: srebro, złoto i platynowce. Rozdział zanieczyszczeń uzależniony jest od ich właściwości chemicznych i potencjałów elektrochemicznych. Szczególnie niepożądanym składnikiem jest arsen, którego obecność w elektrolizie powoduje zakłócenia przebiegu elektrorafinacji miedzi i obniżenie wskaźników techniczno-ekonomicznych powyższego procesu. Szlam anodowy jest podstawowym surowcem do wytwarzania srebra w warunkach krajowych. Na proces technologiczny składają się: filtracja szlamu anodowego, prażenie utleniające, usuwanie miedzi poprzez ługowanie rozcieńczonym roztworem kwasu siarkowego oraz ogniowa

■ Na świecie nagromadzono już ok. 41,5 mln ton zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.



rafinacja w obecności sody i węgla drzewnego. Na drodze elektorafinacji otrzymuje się srebro w postaci luźnych kryształów oraz szlam wzbogacony w złoto i platynowce. Ze szlamów tych odzyskuje się złoto i platynowce. Elektrolitem jest roztwór azotanu (V) srebra z dodatkiem kwasu azotowego (V). Wydajność prądowa kształtuje się na poziomie 95%. Metody pirometalurgiczne do odzyskiwania miedzi z takich materiałów wtórnych preferowane są w USA.

Procesy hydrometalurgiczne

Zaletą metod hydrometalurgicznych w stosunku do pirometalurgicznych jest zazwyczaj łatwiejsze wydzielanie składników stopowych oraz mniejsza wrażliwość na zmianę składu chemicznego wtórnego materiału miedzionośnego. W składzie chemicznym ZSEE można wyróżnić elementy nie tylko metalonośne, ale także niemetaliczne (tworzywa sztuczne, ceramika). Rodzaj i udział poszczególnych składników zależy od przetwarzanego ZSEE. Zazwyczaj w skład tych materiałów wtórnych wchodzi żelazo, miedź, nikiel (i ich stopy), glin itp. Udział frakcji niemetalicznej zależy od rodzaju ZSEE. Przykładowo w odpadach sprzętu komputerowego i RTV wynosi on 36-76%, natomiast w odpadach telekomunikacyjnych – 19-25%.

Odzyskiwanie miedzi i innych składników na drodze hydrometalurgicznej obejmuje trzy etapy: ługowanieżądanego metalu z materiału wtórnego lub wybranych składników, oczyszczanie roztworów

po ługowaniu oraz otrzymywanie metalu lub półproduktu umożliwiającego w sposób prosty wydzielanie metalu. Produktem finalnym mogą być związki chemiczne interesujących i mających wartość handlową metali.

Dobór czynnika ługującego i warunków ługowania powinien zagwarantować łatwość i prostotę kolejnych procesów jednostkowych, a wytworzony produkt winien cechować się wysokim stopniem czystości. Procesy te oparte są na reakcjach topochemicznych, dlatego też szybkość przetwarzania materiału wyjściowego zależy od takich parametrów jak czas, temperatura, stosunek fazy stałej do fazy ciekłej, warunki hydrodynamiczne oraz stopień rozdrobnienia materiału wtórnego.

Otrzymywanie metali szlachetnych – platynowców

Prawie połowa światowej produkcji platynowców pochodzi ze złoża likwacyjnego rud miedziowo-niklowych. Znaczącym źródłem tych pierwiastków są także złoża segregacyjno-magmowe siarczków (ok. 40%). Pozostała ilość platynowców wytwarza się ze źródeł wtórnych. Duże znaczenie gospodarcze mają platyna wraz z palladem, a mniejsze rod. Zapotrzebowanie na pozostałe platynowce jest znikome. Szacuje się, że na świecie każdego roku ponad 45 ton platynowców odzyskuje się z materiałów wtórnych. Zapotrzebowanie na te metale przez krajowy przemysł kształtuje się na poziomie kilkudziesięciu kilogramów rocznie. Odzyskiwanie platynowców z powyższych surowców prowadzi się na drodze hydrometalurgicznej i jest to proces złożony. W Polsce przetwarza się szlamy anodowe pochodzące z procesu elektorafinacji miedzi wg technologii Boliden Kaldor. Proces ten dzieli się na trzy zasadnicze stadia: elektorafinacji srebra, ługowania i strącania złota oraz wydzielania selenu i telluru. Produktem tego procesu jest także szlam platynowo-palladowy o zawartości 22-36% Pt i 12-22% Pd, który poddawany jest dalszej obróbce – rafinacji. W kraju prowadzi się również odzysk platyny z roztworów odpadowych.

Dużą aktywność katalityczną platynowców spowodowała, że metale te znajdują zastosowanie jako katalizatory w wielu procesach technologicznych, takich jak katalityczne spalanie amoniaku w procesie wytwarzania kwasu azotowego (V), uwodornianie związków organicznych czy wytwarzanie kwasu cyjanowodorowego z metanu, w katalizatorach samochodowych itp. Innym kierunkiem zastosowania platynowców jest przemysł elektroniczny, w którym wytwarzane są m.in. styki, przełączniki, rezystory i termoelementy. Ponadto są one wykorzystywane w przemyśle szklarskim, w stomatologii, do wyrobu specjalnej aparatury chemicznej itp. Zużyte materiały służą jako surowiec do otrzymywania platyny i innych platynowców. Pozyskiwanie

osmu i rutenu jest nieopłacalne z powodu nieznacznych zawartości tych pierwiastków w materiałach wtórnych.

Pierwiastki ziem rzadkich

Do pierwiastków ziem rzadkich (ang. REE – Rare Earth Elements) zalicza się czternaście pierwiastków szóstego okresu w grupie III układu okresowego oraz itr, skand i lantan. W ostatnich 30 latach pierwiastki ziem rzadkich znajdują szerokie zastosowanie i – pomimo niewielkiego rocznego światowego zużycia – są miernikiem rozwoju technologii. Wynika to ze specyficznych właściwości tych metali. Znajdują one zastosowanie w produkcji katalizatorów spalin, supermagnesów typu Nd-Fe-B, wysokotemperaturowych nadprzewodników typu $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, laserów dla chirurgii, magnetoptycznych nośników pamięci, włókien szklanych, w ceramice, metalurgii itp. Metale ziem rzadkich występują w przyrodzie w stanie rozproszonym. Z uwagi na podobieństwo fizykochemiczne REE (porównywalne promienie jonowe, na ogół ten sam stopień utlenienia itp.) każdy minerał zawierający jeden z lantanowców zawiera również pozostałe, z wyjątkiem promieniotwórczego prometu o liczbie atomowej 61. Występujące w przyrodzie minerały REE dzieli się na minerały ziem cerowych, bogate w pierwiastki lekkie o większym promieniu jonowym, i minerały ziem itrowych, zawierające itr i lantanowce ciężkie o mniejszym promieniu jonowym. Metale ziem rzadkich pozyskiwane są na ogół z bastenzytu LnFCO_3 oraz monacytu (Ln , Th, Y) PO_4 , których składnikami są lantanowce lekkie (Ln). Do minerałów ziem itrowych zalicza się natomiast ksenotym – $\text{Y}(\text{Ln})\text{PO}_4$ zawierający głównie itr i lantanowce ciężkie.

Światowe wydobycie REE szacuje się na 139 tys. ton i będzie wykazywać tendencję wzrostową. Wiadomo, że głównym producentem REE są Chiny (93% światowej produkcji).

Do perspektywicznych surowców metali ziem rzadkich zalicza się fosfogipsy apatytowe oraz popioły elektrowniane. Na zwałowisku byłych Zakładów Chemicznych „Wizów” zdeponowanych jest ok. 8,28 tys. ton lantanowców, opracowana więc została technologia kompleksowej przeróbki fosfogipsu apatytowego. Pomimo tego produkcja nie została podjęta – ze względów ekonomicznych.

Dodatkowym źródłem REE mogą być odpady, np. ZSEE. W tym przypadku została opracowana koncepcja pozyskiwania itru i europu z luminoforów lub innych materiałów wtórnych. W Polsce prowadzi się obecnie badania nad innowacyjnymi metodami odzyskiwania REE. ■

dr hab. inż. Andrzej Jarosiński
prof. IGSMiE PAN



GIS – innowacyjne planowanie w gospodarce odpadami

Systemy Informacji Geograficznej, zwane w skrócie GIS, mogą być z powodzeniem wykorzystywane do podejmowania kluczowych decyzji dotyczących gospodarki odpadami, w tym lokalizacji instalacji termicznego przekształcania odpadów.



Depositphotos/scyther5

■ Z uwagi na możliwość odwzorowania obiektów geograficznych w rzeczywistym układzie współrzędnych geodezyjnych bazy danych GIS (ang. Geographical Information Systems lub Geographic Information Systems) stanowią kluczowy element w zagadnieniach planistycznych i projektowych.

GIS, czyli co?

GIS w potocznym rozumieniu oznacza system oparty na technikach komputerowych, przeznaczony do magazynowania i obróbki informacji geograficznej. Wiedzy interdyscyplinarne jego wykorzystanie w sferze komercyjnej i badawczej powoduje, że funkcjonuje wiele jego definicji. Z tego względu GIS uważany jest za jeden z głównych elementów składowych systemu informacji przestrzennej (SIP). Zaawansowana baza danych GIS pozwala na zbieranie i gromadzenie danych, swobodny, stosunkowo łatwy i powszechny dostęp do nich oraz możliwość przetwarzania i prezentacji danych przestrzennych o świecie rzeczywistym. W definicji GIS przez „System” należy rozumieć integrację użytkownika i maszyny w celu wydobycia informacji pomocnej w zarządzaniu, analizowaniu i podejmowaniu decyzji. „Informacje” to z kolei dane wraz ze związaną z nimi wiedzą. Może nimi być np. sklasyfikowana mapa rodzajów pokrycia terenu, podczas gdy zdjęcia satelitarne, z których mapa ta została stworzona, są jedynie surowymi, nieobrobionymi danymi. Słowo „geograficznej” oznacza natomiast zorientowanie obiektów w przestrzeni. Mogą to być współrzędne geograficzne, układ karte-

zyński lub dowolny inny układ odniesienia geograficznego.

Przedstawione definicje są usytuowane w szeroko pojętych systemach informacyjnych, a technologia GIS stanowi kluczowy element w zagadnieniach planistycznych i projektowych z uwagi na możliwość odwzorowania obiektów geograficznych w rzeczywistym układzie współrzędnych geodezyjnych. Zasadniczym elementem mapy numerycznej w rozumieniu systemów GIS jest georelacyjna baza danych, która gromadzi zespoły danych graficznych i niegraficznych. Zaawansowane funkcje pozwalają stosunkowo łatwo projektować nawet złożone modele danych.

Mapa sozologiczna

Opis sozologiczny obejmuje charakterystykę podobszarów zdefiniowanych w warstwach tematycznych mapy sozologicznej dla analizowanego obszaru objętego zasięgiem oddziaływania źródła/zespołu źródeł zanieczyszczających. Mapa sozologiczna jest mapą tematyczną, przedstawiającą stan środowiska przyrodniczego oraz przyczyny i skutki negatywnych i pozytywnych przemian zachodzących w środowisku pod wpływem różnego rodzaju procesów, w tym przede wszystkim działalności człowieka, a także sposoby ochrony naturalnych wartości tego środowiska. Dzięki temu może ona stanowić najbardziej zbliżoną do rzeczywistości charakterystykę potencjalnych lokalizacji instalacji. Mapy stanowią źródło informacji o stanie zanieczyszczenia i zagrożeniach środowiska przyrodniczego oraz są narzędziem do badania i diagnozowania jego stanu w aspekcie ilościowym, systematyzującym i prognostycznym. Może być ona wykorzystana do opracowania syntetycznego wskaźnika stanu środowiska przyrodniczego różnych jednostek przestrzennych, a jej wersja numeryczna daje możliwości pozyskiwania, gromadzenia i wizualizacji danych geograficznych przy permanentnej aktualizacji bazy danych. Zgodnie z wytycznymi technicznymi GIS-4 do mapy sozologicznej Polski, na treść tematyczną mapy składa się kilka elementów: ochrona przyrody (np. grunty orne chronione, parki narodowe, rezerваты przyrody, pomniki przyrody), tereny zieleni (np. lasy gospodarcze, zieleń urządzona, czynniki degra-

dacji lasów), degradacja powierzchni ziemi (np. grunty podatne na denudację, grunty antropogeniczne, formy rekultywacji terenów, nieużytki), składowiska (np. składowiska surowców, składowiska odpadów przemysłowych, składowiska odpadów komunalnych), wody powierzchniowe (np. rzeki główne, zbiorniki wodne, oczyszczalnie ścieków), wody podziemne (np. grunty podatne na infiltrację zanieczyszczeń do wód podziemnych, leje depresyjne), degradacja atmosfery (np. emitory przemysłowe, strefy przekroczenia dopuszczalnego stężenia SO_2 , strefy podwyższonego promieniowania elektromagnetycznego) i inne (np. drogi, koleje, tereny zabudowane).

Planowanie w gospodarce odpadami

Prawo w zakresie gospodarki odpadami funkcjonuje i ewoluuje w Polsce od lat 90. XX w. Wówczas w celu redukcowania wszelkich strumieni odpadów powstających w regionie wprowadzono obowiązek kontrolowanej gospodarki odpadami w zakresie nie tylko zbiórki, ale również form i technologii bezpiecznego ich przetwarzania i zagospodarowywania. Zadaniem obecnie wprowadzonych zmian jest wzmocnienie kontroli nad wytwarzanym strumieniem odpadów, zwłaszcza komunalnych, ale również nad przepływem strumieni odpadów w technologiach ich przetwarzania. Umocniła się więc rola zarządcy gmin w zakresie wprowadzenia pełnego monitoringu i wymiany informacji dotyczącej transportu i przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych. Dodatkowo na gminy nałożono obowiązek organizacji systemu gospodarki odpadami selektywnie gromadzonymi, czyli surowcami wtórnymi i frakcjami użytkowymi wysegregowanymi z odpadów komunalnych. W tym zakresie na gminy nałożono obowiązek osiągnięcia w 2020 r. poziomów recyklingu i przygotowania do ponownego użycia takich frakcji odpadów komunalnych jak papier, metal, tworzywa sztuczne i szkło w wysokości co najmniej 50% wagi, a w przypadku innych niż niebezpieczne odpady budowlane i rozbiórkowe w wysokości co najmniej 70% wagi w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r.

W celu realizacji tego zadania gminy muszą zorganizować system gospodarki odpadami komunalnymi na swoim terenie. Tylko kompleksowa organizacja takiego systemu oraz prawidłowo prowadzone procesy technologiczne, wdrożone w instalacjach przetwarzania odpadów, pozwolą zapewnić przeróbkę frakcji użytkowych odpadów przy ekonomicznej opłacalności i akceptacji społecznej. Analizując wszelkie systemy i strumienie powstających odpadów, można wyróżnić kilka sektorów gospodarki odpadami, gdzie systemy GIS będą miały różne zadania, których realizacja pozwoli na uporządkowanie i pełną kontrolę prawidłowości ich funkcjonowania. Są to po-

ziom gospodarki odpadami komunalnymi zmieszany, gospodarki frakcjami użytkowymi, gospodarki odpadami opakowaniowymi oraz gospodarki odpadami powstającymi w przedsiębiorstwach.

Gospodarka odpadami komunalnymi zmieszany oparta jest m.in. na Ustawie z 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (DzU nr 152, poz. 897, z późn. zm.) oraz Ustawie z 14 grudnia 2012 r. o odpadach (DzU z 2013 r. poz. 21, z późn. zm.). Są to najnowsze wymagania ustawowe, z którymi obecnie borykają się jednostki samorządowe na poziomie gmin i województw, głównie w zakresie przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych. Wprowadzają one dla tych jednostek nowy, bardzo szeroki zakres odpowiedzialności, który ma zmienić system (głównie w zakresie jego organizacji) w taki sposób, aby zwiększył się poziom odpadów poddawanych odzyskowi i recyklingowi, a nieprzetworzone odpady nie były składowane. Wykorzystanie technologii GIS w gospodarce odpadami sprowadza się zatem do dwóch kluczowych poziomów: poziomu województwa i poziomu gminy.

Z perspektywy województwa

Na poziomie województwa technologia GIS może być wykorzystywana w planowaniu i wyznaczaniu regionów gospodarki odpadami w ramach wojewódzkich planów gospodarki odpadami w celu np. znalezienia optymalnych dróg transportu oraz możliwości odbioru odpadów od wszystkich mieszkańców regionu. GIS może być też stosowany do wytyczania tras przejazdu śmieciarek (np. w przypadku remontów dróg) oraz wyznaczania zarówno najkorzystniejszego rozwiązania regionalnej gospodarki odpadami (przy uwzględnianiu warunków terenowych, geologicznych, sozologicznych, hydrogeologicznych itp.), jak i bilansu jakościowego i ilościowego odpadów w regionie. Ponadto narzędzie to może być wykorzystywane do wyznaczania możliwości lokalizacji regionalnych instalacji przetwarzania odpadów komunalnych w celu przetworzenia, zgodnie z zasadą bliskości i samowystarczalności, odpadów zmieszanych, a dzięki bilansowi strumienia i jakości odpadów może być pomocne przy uwzględnianiu wpływu na środowisko naturalne różnych wariantów lokalizacyjnych obiektów gospodarki odpadami. Dzięki GIS możliwe jest także wyznaczanie instalacji zastępczych, funkcjonujących do czasu otwarcia instalacji regionalnych, wraz z uwzględnieniem takich kwestii jak transport, oddziaływanie na środowisko czy gęstość zabudowy.

Rola gmin

Z poziomu gminy technologia GIS pozwala na wykorzystanie baz danych w celu

inwentaryzacji nieruchomości wraz z możliwością zbilansowania strumienia odpadów zmieszanych i segregowanych, frakcji odpadów organicznych i zielonych oraz mieszkańców zameldowanych (lub niezameldowanych), a także inwentaryzacji na bazie map GIS terenów zieleni (innych niż nieruchomości zamieszkałe) wraz z obliczeniem ilości odpadów zielonych, biodegradowalnych. GIS umożliwia także wyznaczanie kosztów po wprowadzeniu danych ekonomicznych (nakładów i kosztów eksploatacji), punktów selektywnego gromadzenia odpadów i surowców wtórnych oraz optymalnych tras przejazdu pojazdów przewożących frakcje użytkowe. Gmina może również wykorzystywać go do corocznej analizy stanu gospodarki odpadami komunalnymi w celu weryfikacji możliwości technicznych i organizacyjnych gminy w zakresie gospodarowania odpadami komunalnymi, w tym m.in. liczby mieszkańców i liczby właścicieli nieruchomości, którzy nie zawarli umowy w zakresie opróżniania zbiorników bezodpływowych, ilości odpadów komunalnych wytwarzanych na terenie gminy, bilansu odpadów określonego regionu oraz danych dotyczących bilansu i stanu gospodarki odpadami na terenie gminy.

Dodatkowo technologię GIS można wykorzystać do organizacji logistyki i przetwarzania wydzielonych frakcji i surowców wtórnych. Dzięki temu może zostać wyznaczona lokalizacja instalacji ponadregionalnych do odzysku i recyklingu odpadów z selektywnej zbiórki (może zostać określona liczba niezbędnych instalacji w zależności od wielkości strumienia powstających odpadów).

Wykorzystanie baz danych

Z uwagi na szerokie spektrum ocenianych inwestycji i różnorodność warunków, w jakich mogą one funkcjonować, procedury ocen oddziaływania na środowisko są niejednoznaczne. Wciąż brakuje też jednolitego standardu oceny wpływu w zależności od wariantu lokalizacji. Zaproponowano więc metodę oceny stanu środowiska, opartą na analizie rozkładu stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu atmosferycznym dla wybranej instalacji gospodarki odpadami, zlokalizowanej w konkretnym regionie opisanym poprzez system GIS za pomocą map tematycznych. W celu przeprowadzenia oceny opracowanego modelu wykonano obliczenia symulacyjne na przykładzie rzeczywistego obiektu, zespołu emitorów punktowych i liniowych. Zaprojektowano georelacyjną bazę danych w systemie Arc GIS, w której zapisano elementy map tematycznych (sozologicznej i hydrograficznej) oraz wykonano obliczenia rozkładu stężeń substancji zanieczyszczających z zespołu emitorów punktowych przy założeniach wskaźnika jakości środowiska.

Potencjalnie zlokalizowana instalacja składać się będzie z pięciu węzłów:



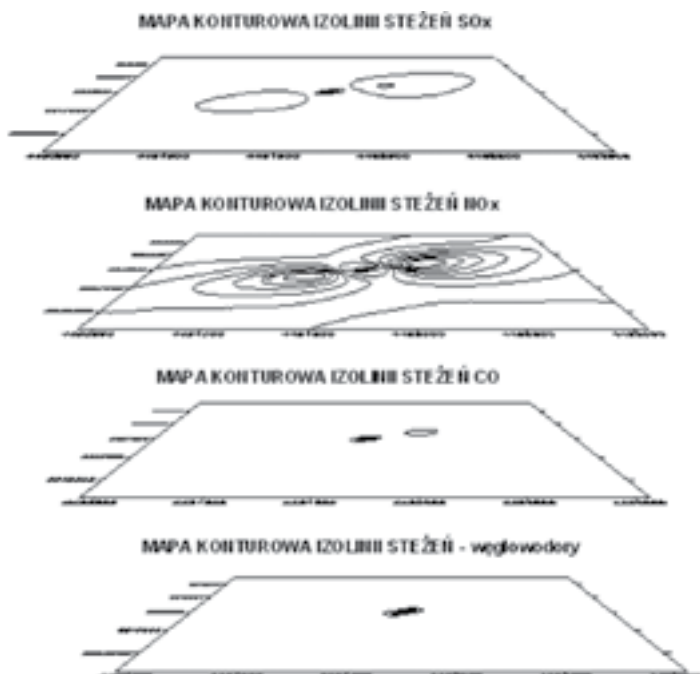
■ Rys. 1. Analizowane lokalizacje instalacji termicznego przekształcania odpadów na podkładzie warstw tematycznych GIS

- 1) przyjęcia i magazynowania odpadów komunalnych,
- 2) termicznego przekształcania odpadów (dwie linie technologiczne o nominalnej wydajności 220 tys. Mg rocznie, przy wartości opałowej odpadów 8800 kJ/kg odpadów; spalanie na ruszcie),
- 3) odzysku energii (piec zintegrowany z kotłem parowym odzysknicowym; optymalny odzysk energii poprzez współpracę z turbogeneratorem o parametrach pary 400°C i 40 barów, pozwalającym na skojarzone funkcjonowanie),
- 4) oczyszczania spalin (w tym odsiarczania spalin metodą pól suchą w celu redukcji kwaśnych związków SO₂, HF, HCl i pyłów, połączonego z metodą strumieniowo-pyłową, z wykorzystaniem węgla aktywnego w celu redukcji metali ciężkich, dioksyn i furanów, a także, odpylania spalin w filtrze tkaninowym – efektywny system typu selektywnej niekatalitycznej redukcji tlenków azotu – SNCR wykorzystaniem stałego mocznika w celu redukcji tlenków azotu),
- 5) zagospodarowania pozostałości poprosocowych (instalacja do waloryzacji żużli z procesu spalania oraz instalacja zestalania i chemicznej stabilizacji popiołu i stałych pozostałości z procesu oczyszczania spalin).

W celu wyznaczenia prawidłowej lokalizacji zakładu termicznego przekształcania odpadów w regionie wyznaczono sześć potencjalnych lokalizacji (A, B, C, D, E i F), które będą poddane analizie oddziaływania na środowisko instalacji termicznego przekształcania odpadów, których usytuowanie opisane jest przez podkłady tematyczne GIS.

Analiza wpływu na środowisko

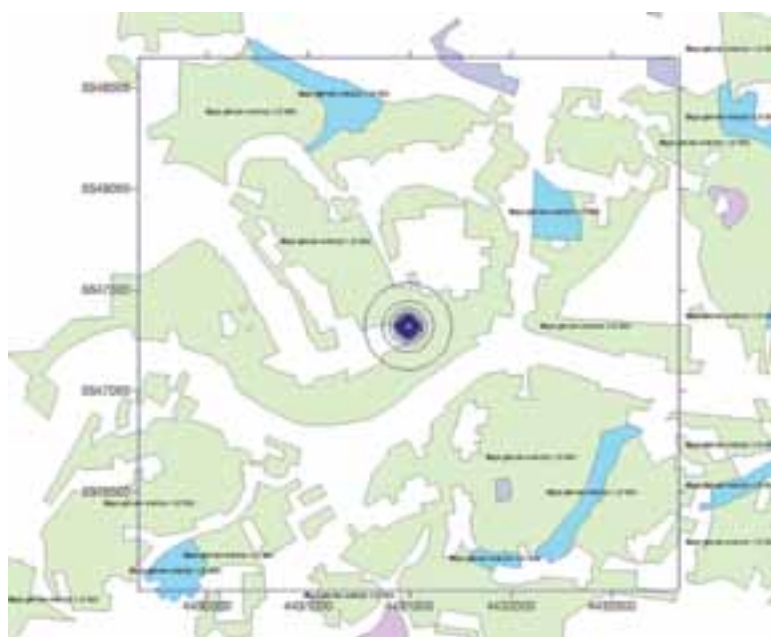
Symulację rozkładu stężeń zanieczyszczeń dla zespołu emitorów punktowych i liniowych przeprowadzono w geometrycznej sieci receptorów zdyskretyzowanego obszaru objętego zasięgiem oddziaływania źródeł zanieczyszczających.



■ Rys. 2. Mapy konturowe izolinii stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu atmosferycznym dla obiektu instalacji spalania odpadów (stężenia średnioroczne, uśrednione do roku)

Obliczenia wykonano oddzielnie dla analizowanych lokalizacji obiektu (A, B, C, D, E i F). Na rysunku 1 przedstawiono mapę sozologiczną z naniesionymi lokalizacjami obiektu termicznego przekształcania odpadów, zaś rysunek 2 prezentuje mapy konturowe izolinii stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu atmosferycznym dla obiektu instalacji spalania odpadów (stężenia średnioroczne, uśrednione do roku). Tematyczne mapy GIS, nałożone na mapy

sozologiczne, pozwalają na ocenę planowanej lokalizacji w aspekcie jej oddziaływania na środowisko. Metodologia wyznaczania i oceny wskaźnika wpływu na środowisko planowanej instalacji gospodarki odpadami polega na obliczeniu składowych macierzy (tablicy), oznaczających odchylenia stężeń substancji w punktach krytycznych zdystryktowanego obszaru obliczeniowego od wartości dopuszczalnych, otrzymanych przez analizę współrzędnych punktów wy-



■ Rys. 3. Układ złożenia warstw tematycznych mapy sozologicznej w systemie GIS-4 oraz mapy konturowej izolinii stężeń CO dla lokalizacji najkorzystniejszej – A

stępowania przekroczeń bądź wartości maksymalnych tych odchyśleń.

Wynikiem ostatecznym modelu jest wartość wskaźnika jakości środowiska, obliczona po hipotetycznym zlokalizowaniu instalacji termicznego przekształcania odpadów w poszczególnych potencjalnych lokalizacjach. Wartość wskaźnika to macierz, w której rozmiar (liczba składowych) jest funkcją liczby substancji zanieczyszczających, liczby punktów z przekroczeniami incydentnymi z podobszarami (warstwami tematycznymi) mapy tematycznej (sozologicznej) i przyjętych wartości umownych wag (zależnych od wielkości i czasu depozycji danego składnika zanieczyszczającego). Rysunek 3 przedstawia układ złożenia warstw tematycznych mapy sozologicznej w systemie GIS-4 oraz mapy konturowej izolinii stężeń CO dla lokalizacji najkorzystniejszej – A – dla potencjalnie przyjętej instalacji termicznego przekształcania odpadów w regionie.

GIS – pomoc w decyzji

Zaproponowana metodyka oparta jest na obliczeniach rozkładu stężeń substancji zanieczyszczających z zespołu emitorów punktowych i wpisaniu tych danych w zaprojektowaną georelacyjną bazę danych w systemie Arc GIS, w której zapisano elementy map tematycznych. Wynikiem modelu jest wartość wskaźnika jakości środowiska, obliczona po hipotetycznym zlokalizowaniu instalacji termicznego przekształcania odpadów w potencjalnych lokalizacjach. Daje to wymierny efekt ilościowy, pozwalający na podjęcie jasnej i łatwej decyzji popartej technologicznymi założeniami i obliczeniami matematycznymi.

Decydujący wpływ na wartość składowych tablicy wskaźnika jakości środowiska ma rozkład stężeń substancji zanieczyszczających, zależnych od parametrów modelu procesu propagacji zanieczyszczeń (parametry modelu, parametry dyskretyzacji czasowej i przestrzennej, parametry meteorologiczne, parametry geometryczne, lokalizacja emitora, dokładność map tematycznych, układ odwzorowania przestrzennego). Wynik obliczeń to macierz (tabela liczb), pozwalająca na ustalenie ilościowej i zobiektywizowanej środowiskowej oceny wariantu lokalizacyjnego. Prawdliwość oraz przydatność wykorzystanego modelu została potwierdzona przykładem obliczeniowym.

Przedstawione rozwiązanie i możliwości technologii GIS stanowią przykład łatwego, dostępnego i innowacyjnego systemu wspomagania komputerowego w planowaniu i zarządzaniu w gospodarce odpadami. ■

dr hab. inż. Agnieszka Generowicz

Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska, Politechnika Krakowska

dr hab. inż. Krzysztof Gaska

Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, Politechnika Śląska



JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!

Wg rankingu The Global Innovation Index'2013, Polska najstabilniej została oceniona pod względem edukacji oraz tworzenia powiązań innowacyjnych, wśród których kluczową rolę odgrywa współpraca pomiędzy przemysłem a nauką

CZAS TO ZMIEŃĆ!

ZAPRASZAMY NA SALON EKOINNOWACJI, KTÓRY ODBĘDZIE SIĘ 14-17 PAŹDZIERNIKA 2014
W RAMACH MIĘDZYNARODOWYCH TARGÓW OCHRONY ŚRODOWISKA POLEKO 2014

OFERUJEMY:

- możliwość wymiany doświadczeń w zakresie ekoinnovazione oraz nawiązania kontaktów i współpracy pomiędzy światem biznesu a nauki (w ramach Salonu Ekoinnovazione odbędzie się dwudniowa konferencja)
- 20 stoisk dla wybranych firm i instytucji mających istotny wpływ na ekoinnovazione polskiej gospodarki

WIĘCEJ INFORMACJI NA STRONIE WWW PROJEKTU ORAZ FB:

<http://ekoinnowator.ue.poznan.pl>

<https://www.facebook.com/Ekoinnowator>

KONTAKT:

ekoinnowator@fnc.ue.poznan.pl

tel. +48 785 557 169

tel. +48 785 554 278



STUDENTKO! STUDENCIE! ABSOLWENTKO! ABSOLWENCIE!

Interesujesz się ekologią i innowacjami? Masz poniżej 35 lat, a w głowie pomysł na ekoinnowacyjny produkt lub usługę, rozwiązanie technologiczne lub organizacyjne? A może jesteś autorem pracy dyplomowej dotyczącej ekoinnowacji?

Jeśli tak, to:

- ZAPROJEKTUJ INNOWACYJNY I PRZYJAZNY ŚRODOWISKU PRODUKT, USŁUGĘ LUB ROZWIĄZANIE I WEŹ UDZIAŁ W KONKURSIE „**OD KREACJI DO EKOINNOWACJI**”
- STWÓRZ FILM PROMUJĄCY EKOINNOWACJE I WYŚLIJ GO NA KONKURS „**EKOINNOWACJE W KADRZE**”
- ZGŁOŚ DO KONKURSU SWOJĄ PRACĘ LICENCJACKĄ, INŻYNIERSKĄ LUB MAGISTERSKĄ POŚWIĘCONĄ EKOINNOWACJOM I WEŹ UDZIAŁ W KONKURSIE „**EKOINNOWACJE NIE TYLKO NA PAPIERZE**”

Do konkursów można zgłaszać się już od **20 czerwca 2014 roku!**

Do wygrania tablety, czytniki e-booków i aparaty fotograficzne!

Pokazy pierwszych prac konkursowych już na Salonie Ekoinnowacji (październik **2014**)

Rozstrzygnięcie konkursów nastąpi podczas Konferencji podsumowującej (wrzesień **2015**)

Konkursy są elementem ogólnopolskiej kampanii informacyjno-edukacyjnej

„JESTEŚ KREATOREM? ZOSTAŃ EKOINNOWATOREM!”

FORMULARZE ZGŁOSZENIOWE DOSTĘPNE NA STRONIE INTERNETOWEJ PROJEKTU W ZAKŁADCE „KONKURSY”



WIĘCEJ INFORMACJI NA STRONIE PROJEKTU ORAZ FB:

ekoinnowator.ue.poznan.pl

facebook.com/Ekoinnowator

KONTAKT:

ekoinnowator@fnc.ue.poznan.pl

tel. +48 785 557 169

tel. +48 785 554 278



Projekt dofinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

